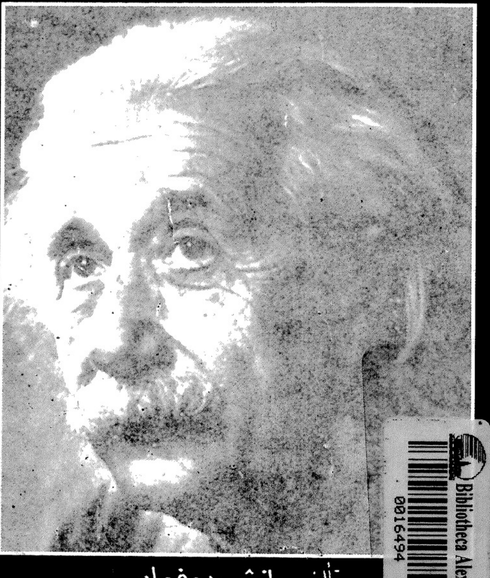
الألف كتاب الثاني
٢٨٨

آينشتين



تأليف : بانش هوفمان

ترجمة : نبيل صلاح الدين

مراجعة : علي يوسف علي

الهيئة المصرية العامة للكتاب

الألف كتاب الثاني

نافذة على الثقافة العالمية

البرت آينشتين

تأليف

بانش هوفمان

ترجمة

نبيل صلاح الدين

مراجعة

على يوسف على



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٨

هذه هى الترجمة العربية الكاملة لكتاب :

EINSTEIN

By : Banesh Hoffmann

فهـــــرس

الموضوع	الصفحة

الفصل الثامن

الفصل التاسع

الفصل العاشر

الفصل الحادى عشر

الفصل الثانى عشر

شكر

تتوجه إدارة تحرير الألف كتاب بالشكر والتقدير للعالم الجليل الدكتور أحمد مستجير على صادق معاونته لها في ترشيح واختيار عدد من الكتب العلمية الهامة لترجمتها، ومنها هذا الكتاب

مقدمة الطبعة العربية

يقول المؤلف في صدر الكتاب : « هذه قصة رجل غاية فى البساطة » ، وأقول : « هذه ملحمة رجل عميق الايمان » ، ليس عن مخالفة ، ولكن عن رد للأمور الى جذورها الأعمق ٠

فعمق الايمان بالله الواحد يمثل محورا رئيسيا فى شخصية بطل هذه القصة ، وما البساطة التى أشاد بها المؤلف سوى نتاج فرعى ينبع من ذلك المحور الجوهرى ، ليس الوحيد بطبيمة الحال، كيف لا والوحدانية هى غاية البساطة ٠

ومن ذلك الايمان كان الاحساس بالجمال الأزلى للكون ، وكأنه يعبر عن المعنى « ان الله جميل يحب الجمال » ٠ ولست أرى فى البساطة والجمال سوى وجهين لعملة واحدة ٠

ومن الايمان أيضا كانت الثقة البالغة بالنفس ، نراها فى كافة أطوار حياته ، طور الأيام الصعبة ، وطور الاشتهار، وطور الانزواء ، فى الطور الأول كان عبقريا لا يجد حظه من التقدير اللائق ، وفى الثانى انطلق كالشهاب ليكون محط اعجاب العالم بأكمله ، وفى الثالث

كان منشقا على أقرانه عزوفا عنهم ، حين بدا له أن ما انتهجـوه من فكر يتعارض مع احســاسه بانضباط الكون ودقته ، وهو ما عبر عنه بالمقولة التى اشتهرت عنه : « ان الله لا يقذف بالنرد » ٠

واضافة لهذه الخصائص النبيلة ، نجد الوقوف الصـــارم فى جانب الانســانية بكل ما تحمله من معانى الرحمة والخير ، فيها جامل وفيها خاصم ، يرفض التخلى عن موطنه الأصلى ، ألمانيا ، وهى ذليلة مهزومة ، ثم يتنصل منها وهى طاغية ظالمة ، يرفض الانضمام لدين رسمى حين يرى فى ذلك مصادرة على الحرية الشخصية ، ثم ينتصر لأبنــاء دينه حين تحيق بهم الكوارث ٠

ولم يكن آينشتين مع هذا الايمان العميق متدينا بالمعنى الشكلى أو الطقوسى ، ذلك أن الله الواحـد كان بالنسبة اليـه معنى للجمـال المطلق والخـير الشامل ، والدقة البالغة ٠ واذا كان من سار على هـذا النهج من حب الذات العـلية قد عبروا عن مكنون صدورهم تسبيحا أو شـعرا أو طقوسـا ، فهو قد عبر عنها معادلات ونظريات علمية غـيرت وجه العلم وكانت لها بصمات لا تنكر فى مســار البشرية ، ويالها من صورة من تسبيح لم يعرفهـا المتصوفون من قبل ! ٠

وهـذه المحـاور جميعا لن يكف المـؤلف عن الاشارة لها تصريحا أو تلميحا كلما سنح المقام ٠ ولست فى الواقع أرى فى وصفى لقصـة حيـاته

بالملحمة ضربا من مبالغة ، ففيهـا من العبر ما يسوغها أن تكون مثالا يحتذى وقدوة يقتدى بها ٠

العبرة الأولى ، والأهم من وجهة نظرى ، تنبع من مرحلة عمـره الأولى ، كطالب لم يكتب له أن يكون ممن شهد لهم بالتفوق ٠ ففيها لكل من تعرض لقضية التربية معنى جليل الخطر، فالله وحده يعلم كم من النشء يظلم بهذه المعايير القاصرة ! ٠

أما لأبنائنـا الشباب ، فلهم فى بدء حيـاته العمليـة درس يجدر بهم أن يعتبروا به ، فليس بعد الثقة بالله وبالنفس من طـوق نجـاة لكل من صادفته الصعاب ٠

ونرجو بتقديم هذا الكتاب للمكتبة العربية أن نكون قد أضفنا لها ما يزيدها ثراء ،

هذا وبالله التوفيق ٠

المراجـع

مهندس على يوسف عـلى

٢٠ أبريل ١٩٩٧

مقدمة الطبعة الانجليزية

السير الذاتية هى مسألة خيار ، وبالنسبة لرجل كآينشتين يكون ذلك صحيحا تماما . فلا يوجد ما يمثل ترجمة كاملة ، ولا ندعى أن هذا الكتاب شىء من ذلك . لقد حاولنا ، فى حيز محدود ، أن نعطى اشارة للرجل ، تاركين صورته تتشكل بقدر الامكان من خلال كتاباته هو ، ومكرسين جزءا أكبر لأعماله العلمية . ولما كان العلم جزءا أصيلا من شخصيته ، فان أى عرض له لن يكون سوى مرور كرام . ولقد قيل عن علمه ما يكفى أن يبين من خواصه ما يظهر جوانب عظمته . ومع ذلك ، فاذا لم يكن القارىء مهتما اهتماما خاصا بالموضوعات العلمية المعروضة ، فله ألا يتوقف عند تفاصيلها الدقيقة . فهدفنا هو أن نعرض للقصة عرضا روائيا فى المقام الأول ، منه يتذوق القارىء نكهة شخصية الرجل وعلمه ، وشيئا مما واجهه من قضايا علمية وسياسية ، وكيف كانت مشاركته المتميزة فيهما .

الفصــل الأول

الرجــل والطفل

يصور هذا الكتاب قصة رجل بالغ البساطة :

ويكمن جوهر عظمة آينشــتين فى بســاطته ، وجوهر علمه فى حسه العميق بالجمال ، وكما قال هاملت فى موقف مختلف : « كان تناقضا ظاهريا برهنه الزمان » ·

هو تناقض ينتظر الحل ، ولكن هنــاك المــزيد · ومع تتابع حوادث القصة نكتشف أن كلمات هاملت ، المنتزعة من سياقها ، تكتسب فحوى جديدة غير متوقعة · فلدى آينشتين أشياء غريبة يقولها عنه الزمن ·

وهو معروف بالطبع بنظرية النسبية ، التى جلبت له الشهرة العالمية بشكل قارب التقديس ، وهو أمر لم يتفهمه آينشتين · ولدهشته البالغة ، أصبح أسطورة حيــة وبطلا شعبيا بحق · وكان من الشخصيات التي يحتفى بهــا الملوك ورجال الدولة والصفوة والوجهاء ، ويتعامل معه الشــعب والصحافة كنجم سينمائى لا عالم · وعندما دعاه شارلى شابلن فى آوج عظمة هوليوود الى حفل افتتــاح فيلمــه « أضــواء المدينة » ، أحاط الجمهور بالسيارة لمشاهدة آينشتين بنفس

مقدار رغبتهم فى رؤية شابلن ، عندها التفت آينشتين الى مضيفه متسائلا فى حيرة : « ما معنى هذا ؟ » فأجابه شابلن الحكيم بمرارة « لا شىء » ! ٠

ورغم آن الشهرة جلبت مشاكلها التى لا مناص منها ، الا أنها لم تكن قادرة علـى افساد الرجل ٠ فلم يكن ذلك من طباعه ، لم يبد عليه يـوما الاحسـاس المبالغ بالذات ٠ وقد آمطره الصـحفيون بتفاهاتهم وتقـاطر عليـه الرسـامون والمثالون والمصورون ـ مشاهير ومغمورين ـ جاءوا بشـكل منتظم لتشخيصه ٠ لكنه خلال ذلك كله ظل محتفظا ببساطته وقدرته على السخرية ٠ وعندما سأله رفيق رحلة قطار لا يعلم شخصيته عن عمله ، أجاب بأسى : «أعمل موديلا للفنانين» ٠ وفى حديثه لصديق عن انزعاجه من طلبات التوقيع عـلى الأوتوجراف قال : « ان مطاردى التوقيعات هم آخـر صيحة من آكلة لحوم البشر ؛ فبدلا من التهامهم يكتفون الآن بقطع رمزية منهم » ٠ وبعد تكريمه فى مناسبة اجتماعية كاشـف الحاضرين بأسف قائلا : « عندما كنت صغيرا كل ما تمنيته وتوقعته من الحيـاة أن أجلس فى هـدوء الى ركن ما أؤدى عملى بلا آى اهتمام عام بى ٠٠ انظروا ما أنا فيه الآن !!» ٠

وقبل آن تسمع به العامة بفترة طـويلة ، أدرك علمـاء الفيزياء أهمية آينشتين ٠ ولنظرية النسبية جزآن رئيسيان، النظرية النسبية الخاصة والأخرى العـامة ٠ وفى أعقـاب الحرب العالمية الأولى جاءت التقارير العلمية عن الكسـوف الشمسى تأكيدا للنبوءة بالنظرية العامة للنسبية ، عنـدها فقط تسرب الخبر للعامة بأن انجازا هاما وخطيرا قد تحقق فى عالم الفيزياء ٠

جاء آينشتين فى وقت من الأزمات غير المسبوقة فى عالم الفيزياء • ولم تكن النسـبية هى التطـور العلمى الثورى الوحيد فى بدايات القرن العشرين • فثورة نظـرية الـكم ، وهى جزء من قصتنا ، تطورت تقريبا بشكل متزامن وكانت أكثر ثورية من النسبية ، ولكنهـا لم تحـدث نفس الضـجة الجماهيرية ولم تفرز بطلا شعبيا كما كان حال الأخـيرة • وقد تنامت الأكذوبة الخرافية أن حفنة قليلة تعد على أصابع اليد من العلماء فى العالم أجمع ، هى القادرة على فهم واستيعاب النظرية النسبية • وربما يكون ذلك صحيحا فى البـدايات الأولى عندما قدم آينشتين نظريته • ولكن حتى بعد أن كتب الكثيرون مقالات ووضعت كتب لشرح النظرية فان الخرافة لم تمت وظلت آثارها حتى الآن • وطبقا لتقديرات حديثـة فان ما ينشر من المقالات ذات الوزن عن النظـرية النسـبية العامة هو بين ٧٠٠ و ١٠٠٠ عمل سنويا •

وقد أعطت الخرافة ، ونجاح تجربة الكسوف للنظرية هالة من الغموض والصفاء الكونى ، وهو ما اجتذب خيـال الرأى العام المتعب من الحروب والحريص على نسيان الشعور بالذنب وفظائع الحـرب العـالمية الأولى - وحتى بالنظـرة البسيطة للنظرية النسبية فانها تظل انجازا ضخما هائلا • وفى خطاب كتبه عندما أتم عامه الحادى والخمسـين ذكـر آينشتين أنه يعتبر هذه النظرية بحق انجاز حياته ، ووصف أعماله الأخرى بأنها مجرد أعمال أداها عندما دعته الحاجة •

ولا يمكن الاستخفاف بهذه الأعمال « وليدة المصادفة » كما سماها آينشتين ، وعن هذا يعبر ماكس بورن الحاصل على جائزة نوبل فى الفيزياء بجلاء عندما يقول ان آينشتين

« يظل أحد أعظم علماء الطبيعة النظرية فى كل العصور حتى لو لم يكتب سطرا واحدا من النسبية » ·· ولكن ماذا عن جائزة نوبل التى حصل عليها آينشتين ؟ وحتى بالنظرة الساذجة للقيمة الظاهرية للبيان الرسمى للجائزة نجد أنه حصل عليها لبعض من أعماله التى أسماها «وليدة المصادفة»، وأن هذا لا يتعارض بأى شكل مع عظمة النظرية النسبية ·

وقد كتب كارل سيلج Carl Seelig ، أحد أبرز من كتب عن سيرة آينشتين ، يسأله يوما عما اذا كان قد ورث موهبته العلمية من ناحية أبيه وموهبته الموسيقية عن أمه ، فأجاب بصدق : « ليس لدى موهبة خاصة ، كل ما هناك حبى للاستطلاع وفضولى الجارف · لذلك فليس الأمر وراثيا » · ولم يكن ذلك خجلا منه ، وانما كان أفضل اجابة ممكنة لسؤال سيىء الصياغة ·

واذا تصورنا أن ذلك يكشف عن فنية آينشتين العلمية ، الا أنه يشير أيضا الى شىء لم يكن فى ذهن سيلج بالتأكيد؛ لأن السؤال يضع قدرات آينشتين الموسيقية على قدم المساواة مع علمه · صحيح أنه أحب الموسيقى ، وكانت قدرته فى العزف على الكمان أفضل من العديد من الهواة ، ولكن هل كان سيلج يقارن الرجل ، موسيقيا ، بموسيقيه المفضل « موزارت » كما قارنه فى مجال العلم بنيوتن الذى كان يكن له احتراما وتوقيرا كبيرين ؟

لم يكن آينشتين فى العلم هاويا بكل تأكيد ، بل كانت مواهبه من نوعية جهابذة المحترفين · والتمكن من الاحتراف بالنسبة للرجل العادى ، دائما ، مثير للمهابة ، يتساوى فى ذلك رجال الدين مع الدجالين · ولكن المواهب ليست بتلك

الندرة ، فبمعايير الاحتراف لم تكن موهبة الرجل العلمية أو مهارته التقنية مذهلة أو بارزة ، فقد فاقه فى ذلك العديد من الممارسين الأكفاء • وبهذا المفهوم بالتحديد لم تكن لآينشتين أية قدرات علمية خاصة ، وانما كان الشيء المميز له تلك اللمسة السحرية والتى بدونها يظل أكثر الفضول بلا فعالية • انه السحر الحقيقى الذى يفوق المنطق ويفرز العبقرى من بين ذوى المواهب الكبيرة •

سنرى ذلك بأنفسنا تدريجيا • فقد عبر آينشتين عن ذلك ضمنا فى سيرته الذاتية بكلمات يلفها التواضع ، فلم يكن مقبولا أن يقول « أنا عبقرى » ولكن ذلك هو ما كتبه عندما بين لماذا أصبح عالما فيزيائيا وليس عالما رياضيا :

« لم يكن اهمالى النسبى للرياضيات راجعا لمجرد شغفى بالفيزياء ، ولكن أيضا للتجربة الغريبة التالية : فقد رأيت أن الرياضيات مقسمة الى تخصصات بلا حد ، كل منها يمكن أن يستنفد العمر كله ، ووجدت نفسى فى موقف من يقارن بين حزمتين من قش ، عاجزا عن الاختيار • فمن الواضح أن ذلك كان راجعا لحقيقة أن حسى الداخلى لم يكن قويا بدرجة كافية فى مجال الرياضيات •• أما فى الفيزياء فقد تعلمت سريعا أن أستخلص ما يمكن أن يؤدى الى الأساسيات وعدم الالتفات لاى شيء آخر ، والابتعاد عن الأشياء العديدة التى تزحم الذهن وتحول بينه وبين الأساس أو الجوهر » •

ليس هناك تفسير عقلانى لمثل هذا الحدس القوى • هو شيء لا يمكن تدريسه أو استخلاصه فى قاعدة ، والا أصبح الكل عباقرة • انه شيء ينبع تلقائيا وعفويا من الداخل • كتب آينشتين سيرته الذاتية فى سن السابعة والستين ، وقد

أشار فيها لواقعة هامة ترجع لأكثر من ستين عاما · وهى قصة كان مغرما بروايتها : فعندما مرض فى سن الخامسة أو السادسة مرضا ألزمه الفراش أهداه أبواه بوصلة مغناطيسية ليلهو بها كالعديد ممن فى مثل سنه · غير أن تأثيرها على « ألبرت » الصغير كان دراميا وتنبئيا · وفى سيرته الذاتية يستعيد آينشتين المسن بحرارة ذلك الاحساس بالانبهار الذى سيطر عليه لسنوات عديدة · كانت أمامه ابرة منعزلة عن آية مؤثرات ، ولكنها كانت تحت تأثير ميل دائم للاتجاه باصرار ناحية الشمال · ورغم أن هذه الابرة المغناطيسية ليست بأعجب من البندول المتجه باصرار الى الأرض ، الا أن البندول وسقوط الأشياء أمثلة مألوفة بالنسبة للصبى فاعتبرها من المسلمات الطبيعية ، ولم يدرك فى ذلك الوقت ما تمثله أيضا من غموض ، ولم يكن يدرى أنه فى وقت لاحق من حياته سيكون له الهامه العظيم فى فهم البشرية للجاذبية · كانت الابرة المغناطيسية نقطة تحول بالنسبة لألبرت الصغير ، ولم تتناسب مع تصوره المبكر لعالم منتظم طبيعيا · وكتب فى سيرته الذاتية : « مازلت أذكر ــ أو على الأقل هذا ما أعتقده ــ أنه كان لهذه التجربة تأثير عميق مسيطر على » ·

هذه الكلمات جديرة بالاهتمام من عدة نواح · فقد أعلنت عن الصحوة المفاجئة لهذا الفضول الجارف الذى أصبح رفيق حياة آينشتين ، وايذانا بتبلور شىء داخلى كان ولفترة طويلة فى طور التشكيل · وبالنظر لما حققه يمكننا أن نرى من كلماته فى السيرة الذاتية ، أنه قد وجد مهنته فى سن مبكرة · ولكن هناك شيئا غريبا فى كلماته من المفيد أن نتمعن فيها · فلنقرأ ثانية « مازلت أذكر ــ أو على الأقل هذا

ما أعتقده ـ أنه كان لهذه التجربة تأثير عميق مسيطر على» • آليس فيها شيء غير منطقى ، اذا كان للتجربة مثل هذا التأثير العميق والمسيطر فلابد أن يتذكر ذلك بشكل قاطع • لم اذن كانت هذه العبارة الاحترازية «أو على الأقل هذا ما أعتقده»؟

هل أوقعنا آينشتين العظيم فى تناقض ؟ ظاهريا نعم • ولكن بمفهوم أعمق ، كلا • فهو قد روى هذه القصة مرارا ، ويدرك سقطات الذاكرة ، ويعلم أنه بتكرار رواية القصة يمكن آن تدخلها المبالغات ، ورغم هذا يصدقها الراوى • انه يعتقد آن الابرة كان لها عليه تأثير لا ينسى ، لكن قد لا يكون التأثير بالضخامة التى تصورها بعد ذلك • لاحظ البساطة التى عبر بها عن الخواطر فى خلفية تفكيره • كلمات التحفظ هذه ليست متعمدة ، بل هى فقط تقطع التسلسل المنطقى • انها تتدخل بلا استدعاء ، كسقطة فرويدية ، وتكشف عن شغف آينشتين الغريزى بالحقيقة • بل أكثر من ذلك تكشف لنا آينشتين وهو يعمق الحقيقة بوسائل من التناقض الظاهرى •

ماذا عن سيرته الذاتية ؟ وقد تعرضنا لها بالفعل مرتين من قبل • بالقطع هى بمثابة كشف كنز حقيقى ، وهى كذلك بالفعل ولكنها ليست كلية من النوعية التى نتوقعها • كانت لآينشتين آراء قوية حول السير الذاتية • ففى عام ١٩٤٢ طلب منه احد الشعراء البارزين ، حين كتب سيرة هامة لعالم كبير فى القرن التاسع عشر ، أن يساهم بوضع مقدمة للكتاب • فكتب تلبية لهذه الدعوة :

« بالنسبة لى هناك طريقة واحدة لاجتذاب الاهتمام الشعبى بعالم كبير ، ألا وهى مناقشة وتفسير المشاكل والحلول

التى طبعت أعماله بلغة مفهومة بشكل عام • ولا ينهض بهذا العمل الا من لديه المعرفة الأساسية بالمادة ، أما الحياة الخارجية والعلاقات الشخصية فهى بشكل عام ثانوية الأهمية • وعادة ما تتخذ مثل هذه الكتب الجانب الشخصى فى الاعتبار ، ولكنها يجب ألا تكون المادة الأساسية مع عدم وجود كتب تتناول الانجازات الفعلية ، والا كانت النتيجة نوعا من التأليه الرخيص والقائم على العواطف لا الرؤية المتفحصة المتعمقة • وقد علمتنى تجربتى الخاصة أنه أمر سخيف وبغيض أن يكون تكريم رجل جاد مشغول بالتزامات كبرى بمثل هذا الجهل •

على كل حال ، لا يمكن أن أعلن موافقتى على مثل هذا الاتجاه فى التكريم ، اذ أراه على العكس من ذلك ، خفضا من قدر أولئك الرجال • قد يبدو ذلك فظا ، وأخشى أن تفسر امتناعى عن هذا بعدم لياقة ليس له ما يبرره ، ولكنى هكذا ولا يمكننى أن أكون خلاف ذلك » •

نادرا ما أيد آينشتين السير أو كتب عن نفسه ، لكنه كتب مقدمة لسيرته الذاتية التى كتبها زوج ابنته «رودلف كايزر » (١) قال فيها :

«أجد أن حقائق هذا الكتاب صحيحة ودقيقة ، وتوصيفها خلال الكتاب متفق تماما مع ما هو متوقع من انسان شكلته الظروف ، ولم يكن له الا أن يكون أنا • أما ما قد يكون قد أغفله ، فهو ما بثته الطبيعة بلا كلل ، ربما كنزوة من

---

(١) تحت اسم مستعار « انطون رايزر •

نزواتها ، فى فرد من البشر من عدم رؤية ، وغرابة ، وربما مس من الجنون » •

علينا اذن التمعن فى السيرة الذاتية لآينشتين • فاذا بدت كلماته للشاعر فى مقدمته لكتاب عن عالم من القرن الماضى بهذه الصرامة ، فاننا سنجد أنها لا تقارن بمعايير السير الذاتية التى فرضها على نفسه ، ونحن مدينون فى هذه السيرة الذاتية لاصرار بول آرثر شليب وقدرته على الاقناع ، وهو أستاذ فى الفلسفة راجع سلسلة من الكتب عن عظماء الفلاسفة الأحياء ، رجال على مستوى ديوى Dewey ، سانتايانا Santayana ، هوايتهيد Whitehead ، وراسل Russel ، وقد خلص الى أن آينشتين هو أحد الفلاسفة العظام ، مما حداه الى اضافته الى القائمة السابقة • وكان كل كتاب مخصصا لشخصية معينة ، ويحوى سيرته الذاتية ، وتتبعها سلسلة من المقالات يكتبها ثقات يقيمون أعماله وينقدونها ، ثم يرد على هذه المقالات صاحب السيرة نفسه ، فيجد بهذه الطريقة الفرصة لتصحيح سوء الفهم عنه •

وبرغم قدرة شليب على الاقناع الا أن آينشتين رفض أن يكتب سيرته الذاتية للكتاب ، ووافق فقط على كتابة سيرته العلمية • وبقدرته على التندر تكلم عنها كما لو كانت « تأبينا » • وعندما انتهى منها وضع عنوانا : « لمحات من السيرة الذاتية » • ولم تبدأ بالشكل التقليدى بالقول مثلا : « ولدت فى الرابع عشر من مارس عام ١٨٧٩ ببلدة « أولم » فى ألمانيا » • فهى لم تتعرض لمثل هذه المسائل ، فلم تذكر أيضا أشياء مثل « كانت لى أخت صغيرة تسمى مايا » أو « كان لى ولدان من زوجتى الأولى » أو « كانت والدتى تسمى بولين » • وانما تتحدث عن الاحساس بالعجب الذى تولاه

عندما أراه أبوه ابرة البوصلة المغناطيسية ، ومن الطبيعى أن مثل هذه اللحظات العاطفية أو العقلية لها مكانها بحق فى السيرة العلمية الذاتية · وتفوق أهميتها كثيرا من الأشياء مثل الوقوع فى الحب أو الحزن لفقد عزيز · وبعد سنوات طويلة من الأضواء ظل آينشتين يعتز بخصوصيته ، ولا يتوقع المرء لذلك أن يذكر أن اسم والده الذى أراه البوصلة كان هيرمان · لم ترد فى الكتاب سوى أسماء العلماء والفلاسفة فقط · لا ذكر لأى تغيير فى محل الاقامة أو الوظائف التى شغلها الا الاشارة العابرة لكونه يهوديا !! لا ذكر اطلاقا لأى تأثيرات سياسية عالمية عليه أو تأثيره هو على العالم · فبمجرد أن بدأ هذا « التأبين » انغمس فى مناقشات عميقة للعلم والفلسفة وتظل فى معظمها على هذا المنوال ، ولشعوره التام بمثالب سيرته الذاتية يقطع آينشتين هذه المناقشات العميقة بشكل مفاجىء ليفاجئنا بهذه الكلمات :

« هل المفروض أن يكون هذا تأبينا ؟ هذا ما سيتساءله القارىء المندهش · وأجيب على ذلك ·· فى الجوهر نعم · لأن جوهر كينونة رجل من نوعى يكمن بالتحديد فيما يفكر فيه وكيف يفكر وليس فيما يعمله أو يعانيه · وبناء عليه ، فان التأبين يجب أن يقتصر بشكل عام على توصيل الأفكار التى لعبت دورا ملحوظا فى أعمالى » ·

وبقوله هذا استراح ضميره وبدأ فى مناقشة طبيعة النظريات الفيزيائية وبدون أن يتوقف لالتقاط الأنفاس بالبدء فى فقرة جديدة ·

وبرغم ذلك ، فان لـ «لمحات السيرة الذاتية » بمعادلاتها الرياضية ومفاهيمها العميقة جاذبيتها لدى المتخصصين وكذا

القارىء العادى اذا ما كان على مقدرة على المتابعة ، مع تخطى ما يستغلق عليه فهمه · وحتى ما سكت عنه آينشتين فانه يعين على فهم نوعية الرجل الذى كانه · ولم يكن محتاجا للقول بأن مثل هذه الفكرة خطرت له فى برن أو زيورخ أو برلين أو برينستون · ورغم أن « الملاحظات » هى سيرة ذاتية ، الا أنها ليست جغرافية ، هى فى الأساس (لا مكانية) لأنه أينما ذهب رحلت معه أفكاره · (والمكان) هنا لديه ليس بذى أهمية ، ولكن الملاحظات ليست (لا مكانية) كلية ، فهى تحكى عن تجربة فريدة هزت العالم ، مكانها الحقيقى هو برجه العاجى ، ألا وهو عقله ·

فى ٢٤ يونيو ١٨٨١ ، عندما كان عمر آينشتين عامين وثلاثة أشهر كتبت جدته لأمه لبعض أقاربها : « ألبرت الصغير طفل طيب لدرجة أنى أحس بتعاسة عندما أفكر أننى لن أراه لفترة » · وبعدها بأسبوع كتبت : « لقد وجدنا بعض متعلقات آلبرت الصغير · كان عزيزا وطيبا ونتحدث كثيرا عن أفكاره الغريبة » ·

وشهادة الأجداد عن الأحفاد مشوبة دائما بالتحيز ، ولكن ما يعطى هذه المقتطفات أهميتها ليس مجرد تأثير ألبرت الصغير على جدته وانما فى أنها أول شهادات الأقارب المعاصرين عنه كشخصية · وهى تدفعنا للتساؤل عن ماهية هذه « الأفكار الغريبة » لطفل فى الثانية من عمره كتب له أن يفوق أعز آمال الأجداد المحبين · هل كانت الأفكار أكثر من مجرد ضحك وتهريج ؟ هل تضمنت ارهاصات لما هو آت ؟ أم على العكس ظن أجداده المفجوعون كما ظن أبواه أن ألبرت متخلف ؟ كانت لديهم أسباب وجيهة لهذا الاعتقاد ، وكان

الشعور منغصا ٠٠ وكما يتذكر آينشتين فى خطاب كتبه عام ١٩٥٤ : « كان والداى قلقين لأنى بدأت النطق متأخرا بعض الشيء وفى هذا استشاروا طبيبا ٠ لا أذكر سنى عندئذ ولكنها كانت تقل بالتأكيد عن ثلاث سنين » ٠ والأفكار التى وجدها جداه (غريبة) من الصعب أن نتصورها مصاغة لفظيا ٠ وفى خطابه قال آينشتين كذلك : « وعلى الرغم من أنى لم أصبح خطيبا مفوها أبدا ، الا أن تطورى التالى كان طبيعيا تماما فيما عدا ما تميزت به من تكرار كلماتى برقة » ٠ كذلك وبالنظر لما أصبحه آينشتين فيما بعد فان بداياته لم تكن مبشرة ٠

الفصل الثاني

الطفل والشاب

لم يعد البيت الذى ولد فيه آينشتين بمدينة أولم موجودا · فقد حولته الحرب العالمية الثانية الى أنقاض · وكان قد سمى شارع فى المدينة باسمه ، ولكن النازيين لم يتحملوا رؤية يهودى يكرم بهذا الشكل ، خاصة ذلك اليهودى الذى لمع نجمه كرمز لكل ما حاولوا تدميره · وفى يومه الأول فى المنصب أسرع العمدة النازى الجديد للمدينة بتغيير اسم الشارع الى شارع فيخته ، تكريما لذلك الفيلسوف الألمانى من القرن الثامن عشر · ولم يعد الاسم كما كان الا بهزيمة النازى ·

ذكر آينشتين فى خطابات كتبها عام ١٩٤٦ : « لقد سمعت بقصة أسماء الشارع فى حينها ووجدتها مسلية للغاية · ولا أدرى هل تغير شىء منذ ذلك الحين ·· ولا أدرى متى يكون التغيير التالى · ولكننى أعرف كيف أكبح فضولى · أعتقد أن اسما محايدا مثل « طاحونة الهواء » هو أنسب للعقلية السياسية الألمانية ، ويجعل المزيد من التغيير فى الاسم غير ضرورى مع مرور الزمن » ·

أمضى آينشتين وقتا قصيرا فى أولم . فبعد عام من مولده انتقلت الأسرة الى مدينة أكبر بكثير . وهناك بدأ أبوه هيرمان وعمه جاكوب عملا سويا حيث شيدا مصنعا صغيرا للالكتروميكانيكا . والمفارقة هنا هو أنهما أنشآه فى ميونخ التى أصبحت فيما بعد معقل النازية ، وقد احتفظت حياة العائلة هناك بالقليل من آثار أسلافها اليهود .

أرسلت العائلة ألبرت وأخته مايا التى تصغره بعامين ونصف الى المدرسة الابتدائية الكاثوليكية القريبة ، حيث تعلم الطفلان تقاليد الديانة الكاثوليكية وتعاليمها . ولكن الأسرة لم تهمل تعليمهما اليهودية ، وأصبح ألبرت الصغير، وبسرعة، متدينا بعمق ، روحيا وشعائريا ، وقد رفض لسنوات أن يأكل لحم الخنزير . وكان يرى أن والديه متسيبان فى الالتزام بتعاليم اليهودية .

قد يكون تناول التطور الدينى خروجا عن الموضوع فى السيرة الموجزة لمن أصبح عالما شهيرا ، لكن دوافع آينشتين العلمية كانت دينية فى الأساس ، وان لم تكن بالمعنى الطقسى الشكلى . وسبق أن رأينا كيف سحرت الابرة المغناطيسية الطفل المفتون ، ولم يفتقد الرجل أبدا احساسه الطفولى المبكر بالرهبة والعجب . وكما قال : « أكثر شىء غير مفهوم عن العالم هو أنه قابل للفهم ! » . وعند تقييمه لنظرية علمية له أو لغيره كان يسأل نفسه اذا ما كان هو الله ، هل كان سيجعل الكون بهذا الشكل ؟ قد يبدو هذا المعيار للوهلة الأولى أقرب الى الصوفية منه الى ما يعتبر علميا - انه يكشف عن ايمان آينشتين بالبساطة والجمال المطلق فى الكون فقط . ذلك الرجل الذى يتمتع بالتدين البالغ والقناعات الفنية بأن

الجمال موجود ينتظر من يكتشفه ، هو الذى يمكنه وضـع نظرية كان أهم ما يميزها ، ويفوق ما حققته من نجـاح ، هو جمالها ٠

كان أبواه هيرمان وبولين بكل المقاييس أبوين طيبين مخلصين ٠ هو رجل الأعمال متحرر الفكر والمتفائل ، حلـو المعشر ، وهى ربة البيت هادئة الطبع ذات الميول الفنيـة ، تهوى العزف على البيانو بعد انتهاء الواجبـات المنزليـة ٠ عاشوا فى ميونخ الى جـوار عائلة جاكـوب آينشتين بقرب مصنعهما فى بيتين متصلين لهما حديقـة كبيرة مشـتركة ٠ وفى هذه الطفولة المبكرة شاهد ألبرت الكثير من عمه جاكوب المهندس فى العمل المشترك مع والده ٠

كان ألبرت الصغير ميالا للعزلة بطبيعته ٠ وعندما كان الأطفال الأقارب يأتون للعب فى الحديقة لم يكن يشاركهم الا قليلا ٠ وتتذكر أخته مايا فى وثيقة كتبت بعد ذلك بوقت طويل أنه كان يفضل الألعاب التى تتطلب الصبر والمثابرة ، مثلا بناء هياكل معقدة بطوب البناء وانشاء منازل تصل الى أربعة عشر طابقا بأوراق اللعب ٠ وفى طفولته كان ينفر بالغـريزة من القسر والاجبـار ، وكان يرتعـد من مرأى المسيرات العسكرية ، بينما يحلم أقرانه بيوم يرتدون فيـه ذلك الزى ٠ بل كان يمقت مجرد فكرة السير المنتظم بلا معنى على الدقات الفارغة للطبول ٠

فى عام ١٨٨٦ كان قد بلغ السابعة ٠ وكتبت أمه الى أمها تقـول : « أحضر ألبرت بالأمس درجاته من المدرسة ، وتكرارا هو على قمة فصله وحصل على درجات رائعة » ٠ وفى العام التالى كتبت جدته لأمه : « لقد عاد ألبرت العزيز الى

المدرسة منذ أسبوع • كم أحب ذلك الصبى ، فلا يمكن أن تتصورى ما أصبح عليه من طيبة وجمال ! » •

من هذه اللقطات يمكن أن نستخلص أن ألبرت قد تغلب بسرعة على عراقيل بدايته المتعثرة وأصبح تلميذا نابهـا سعيدا في مدرسته ، يحبه أقاربه ومدرسوه • ولكنه في أواخر حياته تحدث بمرارة عن سنوات المدرسة ، لم تعجبه بشكل خاص أنماط التعليمات الصماء التى سادت وقتها • وقد تعاظم هذا الاحساس عندما ترك – في سن العاشرة – المدرسة الابتدائية ليلتحق بالمدرسة الثانوية • وقد كتب في عام ١٩٥٥ : « كتلميذ لم أكن سيئا أو جيدا بشكل خاص • كانت نقطة ضعفى الرئيسية تكمن في ضعف ذاكرتى خاصة فيما يتعلق بالكلمات والنصوص » • وقد أمن على ذلك معلم اللغة اليونانية عندما قال له : « لن تصبح شيئا ذا بال » • ولكن انظر لكلمات ألبرت التالية : « فقط في الرياضيات والعلوم كنت بالتحصيل الذاتى متقدما عن المنهج الدراسى ، وكذلك الحال مع منهج الفلسفة » •

لدينا هنا على الأقل صورة أوضح لتطور آينشتين الصغير • والعبارة الركيزية هى « التحصيل الذاتى » والذى يرتبط بشكل أساسى بحب الاستطلاع الجارف والاحساس بالعجب والدهشة • كما يكشف عزفه على البيانو بعمق عن أسلوب تطور شخصيته ، فقد كتب : «تلقيت دروسا فى البيانو بين سن السادسة والرابعة عشرة ، ولكنى لم أكن محظوظا فيمن تتلمذت على أيديهم • فلم تتعد الموسيقى لديهم الممارسة الميكانيكية • بدأت التعلم حقا عندما كنت فى حوالى الثالثة عشرة ، وأساسا بعد أن أغرمت بسوناتات موزارت • وكانت

محاولاتى لمحاكاة مضمونها الفنى وجمالها المتفرد الى حد كبير هى دافعى لتحسين عزفى • وكان التقدم راجعا لهذه السوناتات وليس للممارسة المنتظمة • وأنا أؤمن بشكل عام بأن الحب معلم أفضل من الاحساس بالواجب ، على الأقل هذا ما كان عليه حالى » •

وقد تلقى آينشتين الصغير ، وبلا شك ، تشجيعا هاما من عمه جاكوب ، ويبدو أنه قد علم ابن أخته نظرية فيثاغورث قبل أن يدرس الصغير الهندسة • وقد فتن آلبرت بها ، وبعد جهد مضن توصل الى طريقة لاثباتها ، وهو انجاز غير عادى فى تلك الظروف ، ولابد أن سعادتهما بذلك كانت بالغة • ولكن ، وللغرابة ، كانت تلك السعادة لا تذكر بالمقارنة بالمشاعر التى أثارها فيه كتاب صغير عن هندسة اقليدس التى أصبح غارقا فيها • كان عندئذ فى الثانية عشرة ، وكان للكتاب عليه نفس تأثير الابرة المغناطيسية قبل سبع سنوات • وفى « لمحات السيرة الذاتية » يتحدث بحبور عن « كتيب الهندسة المقدس » :

« لدينا هنا بعض الحقائق المؤكدة ، •• على سبيل المثال تقاطع الارتفاعات الثلاثة للمثلث فى نقطة واحدة ، وهو ما يمكن اثباته بشكل لا يقبل الشك • كان لكل هذه السهولة والوضوح تأثير لا يوصف على • أما بالنسبة لمن يمقتون الرياضيات ، فلابد أن هذا الاعجاب بالهندسة كان شيئا لا يصدق مثل حب عالم الزواحف للثعابين » • وحيث ان آينشتين اتخذالطريق السهل، والأمين فى ذات الوقت، بوصف الانطباع بأنه لا يوصف ، فلنستعير وصفا من برتراند راسل الذى كانت له تجربة مماثلة بشكل مذهل ، حتى من ناحية

العمر ، حيث كتب يقـول : « فى سن الحـادية عشرة كانت بدايتى مع هندسة اقليدس ، وهى من أهم أحداث حياتى . فهى مبهرة كالحب الأول . لم أكن أتصور أن فى العالم شيئا بهذا الجمال » . ولا ننسى ما قاله الشاعر أدنا سانت فنسنت ميلاى : « اقليدس وحده هو الذى رأى الجمال الخالص » .

وفى حياته قرأ آينشتين كتب العلوم المبسطة بما وصفه فيما بعد ، « انتباه مبهور الأنفاس » . لم تأته هذه الكتب مصادفة . لقد وضـعها بترتيب وتخطيط بين يديه ماكس ثالمى ، وهو طالب طب واع متبصر ظل لفترة طويلة يزورهم أسبوعيا . وكانت لثالمى حوارات طويلة مع ألبرت الصـغير يرشده فيها ويوسع آفاقه الثقافية فى طور التشكيل الحرج . وعندما بدأ آينشتين فى تعليم نفسه الرياضيات العليا كان عـلى ثالمى ـ دفاعا عن الذات ـ أن يحـول المناقشـات الى الفلسفة ، موطن قوته . وفى ذكر تلك الأيام كتب ثالمى : « نصحته بقراءة « كانت » وكان ما يزال صبيا فى الثالثـة عشرة من عمره ، ورغم أن أعمال « كانت » ليست فى متناول الانسان العادى ، الا أنها كانت واضحة له » .

كان من آثار كتب العلوم عـلى ألبرت الحسـاس سريع التأثر أن أصبح فجأة لا دينيا . لم يفته التعارض بين الصورة العلمية والأخرى التوراتية . وحتى ذلك الحين كان ملاذه فى الايمان بالدين كما تعلمه . أما الآن ، فقـد أحس أن عليـه التخلى عنه ، على الأقل جزئيا ، وهو ما لم يستطعه بغير صراع عاطفى حاد ومـرير . لفترة لم يكن لا دينيـا فحسب ، بل متعصبا ومتشككا بشكل بالغ فى القوة العليا . بعـد أربعين عاما يقـول فى دعابة سـاخرة : « عقـابا لى على ازدرائى

للمرجعية ، جعلنى القدر مرجعا » · ان ايمانه فى القوة العليا ، والذى لم يفارقه أبدا ، كان على أهمية خاصة · فبدونه لم يكن بامكانه أن ينمى تلك الاستقلالية العقلية القوية التى منحته شجاعة تحدى بها قناعات علمية راسخة ، وبناء عليه احداث تلك الثورة فى عالم الطبيعة ·

وكصبى فقد الاحساس بالدين ، لفترة محدودة ، كان تواقا للاحساس بيقين بديل كأساس متين يبنى عليه حياته الداخلية واحساسه بالعالم الخارجى · فى هذه الفترة جاءه كتيب الهندسة ، ومن اللافت للنظر أنه تحدث عنه بعد خمسين عاما ككتيب مقدس ·

بعد بضع سنوات من الازدهار ، تعرض مصنع أبيه وعمه فى ميونخ لظروف عصيبة ، وأغلق فى عام ١٨٩٤ ، وانتقلت العائلتان الى ايطاليا بحثا عن ظروف أفضل ، من خلال مصنع فى « بافيا » بالقرب من « ميلانو » ، وخلفوا آلبرت فى مدرسة داخلية لانهاء عامه الدراسى فى المدرسة الثانوية ·

الآن ، وفجأة ، وفى سن الخامسة عشرة ، أصبح آلبرت وحيدا · لم يجد فى المدرسة الثانوية الا عزاء متواضعا · ولم يكن من المستغرب أن يطلق عليه زملاؤه « الصريح » ، وهو ما نعبر عنه بقولنا : «ان ما فى قلبه على لسانه» ، فهو لفرط بساطته وشفافيته لم يستطع اخفاء عدم اعجابه بمدرسيه ونمطهم الصارم · وبالطبع لم يكن محببا لديهم ، حيث كان يكثر من احراجهم بأسئلته الصعبة · وفى وصفه للموقف كتب عام ١٩٤٠ : « عندما كنت فى الصف السابع فى المدرسة الثانوية (حوالى ١٥ عاما) استدعيت لمقابلة مدرس

اللغة اليونانية الذى طلب منى ترك المدرسة • وردا على ملاحظتى بأنى لم آت بأى خطأ ، أجاب : « مجرد وجودك يجعل الصف يفقد احترامه لى» • من ناحيتى ؛ فبالتأكيد كنت راغبا فى ترك المدرسة واللحاق بوالدى فى ايطاليا ، وكان السبب الرئيسى فى ذلك الطريقة الميكانيكية الغبية للتعليم • وتسبب ضعف ذاكرتى فى الكلمات فى مصاعب جمة كان من العبث مغالبتها • لذلك فضلت أن أتحمل كافة العقوبات الا أن أستظهر أو أتعلم بلا فهم » •

ورغم هذه الرغبة المتبادلة فى الانفصال ، الا أن العناد واللوائح معا فرضا على ألبرت أن يتحمل حتى الاختبار النهائى ليحصل على شهادته • غير أنه كانت هناك أسباب أكثر قهرية من اللوائح ، ايطاليا • فقد رسمت خطابات الوالدين صورة وردية لها • ولذلك قرر ألبرت ذو الخمسة عشر ربيعا المنبوذ والوحيد ترك المدرسة الثانوية • ويعطى هذا القرار اليائس مؤشرا قويا حيا على عمق تعاسته فى ميونخ • ولم يكن ذلك هو المؤشر الوحيد • فقبل أن يغادر أبواه كان قد قرر أن يغير جنسيته ، ولم يكن قادرا على ذلك بمفرده لكونه ما يزال قاصرا • ولكن تصميمه كان قويا ، ودوافعه عميقة • وكما كتب عام ١٩٣٣ : « كانت العقلية العسكرية المبالغ فيها فى ألمانيا مستغربة لدى كصبى • وعندما غادر والدى الى ايطاليا كان قد أخذ ــ بناء على رغبتى ــ خطوات لاعفائى من الجنسية الألمانية ، لأنى كنت راغبا فى أن أصبح مواطنا سويسريا» •

تضمن الخروج من المدرسة الثانوية بعض المشاكل ، لكن ألبرت اتخذ حيالها ما أمكنه من الاحتياطات • فحصل من طبيب العائلة على شهادة بضرورة حصوله ــ لأسباب

صحية ـ على راحة للاستشفاء بين أهله فى ايطاليـا ، ومن معلمه فى الرياضيات خطابا يشهد أن قدراته ومعارفه فى الرياضيات أصبحت تؤهله للمستوى الجامعى ٠

محصنا بهذه المستندات ، تخلى ألبرت عن الحـرص ، وليأت المستقبل بما يشاء ، وعليه أن يعد نفسه بالتعلم الذاتى للالتحاق بالجامعة ٠ ورغم أن الشهادة الطبية كانت تثقـل ضميره الا أنها أنقـذته من أن يوصـف بالأبله ٠ ولـكن ، فلنقل بصراحة انه (تسرب) من المدرسـة ، ترك حيـاته الكئيبة فى ميونخ ولحق بالعائلة فى ميلانو ، وتلت ذلك فترة من أسعد أيام حياته ، لم يسمح لأى قيود مدرسية بالحد من حريته المكتسبة حديثا ٠ وهام بالعقل والجسد متخليا عن أى حرص ، روحا طبيعية عشقت الحرية ، يدرس فقط ما يحب من المواضيع ٠ وخرج فى رحلة خلـوية مع صـديقه أوتـو نويشتيتر Otto Neustatter ، خـلال جبـال الأبينين حتى « جنوة » ، وكان له أقارب فيها ٠ وهنـاك كانت المتـاحف والكنائس والحفلات الموسيقية والكنوز الفنيـة ، والمزيد من الكتب والعائلة والأصدقاء ، وشمس ايطاليا الدافئة ، والشعب البسيط العاطفى ٠ فى مجملها كانت مغامرة جريئة للهروب والاكتشاف الرائع للذات ٠

ولـكن الحلم لا يدوم والهمـوم الدنيوية ، والتى ظلت خامدة لفترة طويلة ، جاءت متزاحمـة ٠ لقـد بدأت أعمال هيرمان آينشتين تتعرض للكساد ، وكان عليه أن يحث ابنه على التفكير فى المستقبل ٠

وفى زيورخ ، الجزء الناطق بالألمانية فى سويسرا ، كان المعهد الاتحادى للتكنولوجيا المشهور باسم « البوليتكنيك »

أو « البولى » • وهناك وفى عام ١٨٩٥ ، بعد عامه المشهود من الانطلاق بلا قيود بعيدا عن المدرسة ، دخل امتحان القبول لقسم الهندسة •

ولكنه أخفق !

كانت ضربة موجعة رغم أنها شبه متوقعة ، بالاضافة الى أنه كان ما يزال فى السادسة عشرة ، وكانت السن للالتحاق الثامنة عشرة • ولحسن الحظ لم يكن اخفاقه كارثة • كانت نقطة ضعفه هى المواد النظرية كاللغات وعلم النبات ، أما الرياضيات والطبيعة ، فلندع الحديث هنا للأعمال لا الأقوال• فقد اتخذالبروفيسور هينريش فيبر Henrich Weber خطوة غير عادية عندما أبلغ آينشتين ، من خلال آخرين ، بأنه ان ظل فى زيورخ فبامكانه حضور محاضراته فى مادة الطبيعة • ورغم أن ذلك كان مشجعا الا أنه لم يكن حلا لمشكلة ألبرت • وكان هناك المزيد • فقد حثه ألبين هيرتزوج Albin Herzog مدير البوليتكنيك ألا يفقد الأمل ، وأن يسعى للحصول على الدبلوم من مدرسة الاقليم التقدمية فى أرجاو Aargau فى بلدة آراو Aarau .

فى آراو ،لدهشة ألبرت وغبطته ، وجد مناخا مختلفا بشكل كبير عن المدرسة الثانوية فى ميونخ • فقد ساد المدرسة روح منعشة من الحرية • وكان محظوظا اذ وجد اقامته فى منزل أحد المدرسين ، يوست وينتلر Jost Winteler • وقد عاملته العائلة كما لو كان فردا منها • وقدر لهذه الرابطة أن تزداد وثوقا فيما بعد ، فقد اقترن أحد أبناء العائلة بشقيقة ألبرت مايا Maja وتزوجت احدى بناتها من ميشل

بيسو Michel Besso الذى سيأتى ذكره لاحقا . وكثيرا ما تذكر معلمه (بابا وينتلر) بحب .

ببلوغه السادسة عشرة كان ألبرت قد علم نفسه علم التفاضل والتكامل وأصبح على تبصر علمى غير عادى . وللتدليل على ذلك نورد هذا الجزء من رسالة تهنئة له بعيد ميلاده الخامس عشر من أوتو نويشتيتر رفيقه خلال ذلك العام المشهود الذى لا ينسى فى ايطاليا . ويتحدث هذا الجزء من الخطاب عن واقعة تتعلق بالعم جاكوب عندما كان ألبرت فى الخامسة عشرة من عمره :

« أخبرنى عمك عن المصاعب الجمة التى وجدها فى حسابات انشاء بعض الماكينات » . وبعدها بأيام .. قال : « أتعرف كم هو رائع ابن أخى ! . فبعد أن أجهدنا عقلينا أنا ومساعدى لعدة أيام جاء هذا الصغير بالحل فى أقل من ١٥ دقيقة . لسوف تسمع عنه كثيرا » .

مثل هذا النضج المبكر أمر مثير ، ولكنه ليس فريدا . فالأطفال الأذكياء كثيرا ما يحلون المشاكل الفنية التى تحير من هم أكبر سنا . ولكن لدينا مثالا أفضل ، فى سن السادسة عشرة عندما كان فى أورو تساءل ألبرت عما تبدو عليه الموجة الضوئية عند الناظر اليها متحركا بنفس سرعتها .

ولا يعتبر هذا الموقف ، بالمقارنة بالمواقف الأخرى ، انجازا على الاطلاق . مجرد سؤال وجواب . ويكشف هذا السؤال الذى سأله لنفسه فى سن السادسة عشرة ، وظل مسيطرا عليه لسنوات ، بشكل واضح عن قدرته على التوصل الى لب المشكلة . والسؤال يتضمن بذرة النظرية النسبية .

وبينما لم يكن هناك من هو قادر على تقديم جواب شاف استطاع آينشتين أن يجد الاجابة بنفسه • ولكن الأمر استغرق عشر سنوات •

فى تلك الآثناء ، وبعد عام سعيد غير متوقع فى آراو ، حصل آينشتين على شهادته • وبعد اعفائه من شرط السن أصبح مؤهلا للالتحاق بمعهد البوليتكنيك ، والتحق به فى خريف ١٨٩٦ ، رغم أنه لم يكن فى نيته أن يصبح مهندسا • كان مثال جوست وينتلر فى ذهنه • وأصبح ينظر للتدريس كطريقة أفضل لكسب العيش • لذلك سجل نفسه فى دورة لتدريب المدرسين المتخصصين فى الرياضيات والعلوم • وقد دعمه أعمامه من جنوه ماليا باعطائه راتبا شهريا مقداره ١٠٠ فرنك • آخيرا اتخذ مستقبله مسارا آمنا •

ولكن من يعتاد الحرية لا ينساها • والشاب الذى أطلق عليه رفقاء اللعب « الصريح » لا يكتسب الانضباط بسهولة • فخلال دراسته فى معهد البوليتكنيك لم يستطع اجبار نفسه على دراسة مالا يروقه ، وقضى معظم وقته وحيدا فى استكشاف بهيج لعالم الفيزياء العجيب ، واجراء التجارب واستذكار أعمال الرواد العظام فى الفيزياء والفلسفة آولا بأول • كان يقرأ بعضها مع زميلة فصله الصربية ميليفيا ماريش التى تزوجها فيما بعد • أما المحاضرات فكانت بالنسبة له نوعا من التعويق • حضرها فقط لأداء الواجب وبلا حماس كبير فى غالب الأحيان •

أصبح مدركا أن اهتماماته الحقيقية ليست فى الرياضيات وانما فى الفيزياء • وبرغم ذلك لم تستهوه محاضراتها أيضا • ولسوء الطالع كان هناك امتحانان

رئيسيان عليه أن يجتازهما خلال سنوات الدراسة الآربع ٠
ومرة أخرى بدأت تندر المشاكل تلوح فى الأفق ٠ ولكن أدرك
أحد زملاء فصله ، مارسيل جروسمان Marcel Grossmann ،
وهو طالب رياضيات ممتاز، حقيقة مستوى آينشتين العلمى ٠
وكان جروسمان منتظما فى حضور المحاضرات ودقيقا فى
تسجيله الملاحظات التى كانت بالفعل مثالا يحتذى للتفصيل
والوضوح ٠ وقد أعطاها بأريحية لآينشتين ، وبدونها ما كان
له أن يجتاز الامتحان ٠ وتخرج عام ١٩٠٠ ٠

وفرت ملاحظات جروسمان قدرا من الحرية لآينشتين
لمتابعة دراسته الخاصة ، ومن بين المجالات التى تمكن فيها
ما يسمى بنظرية « ماكسويل » للكهرومغناطيسية ٠ وهى
نظرية هامة لم تتعرض لها للأسف محاضرات هينريش فيبر ٠
تذكروا هذا الاسم جيدا « ماكسويل » ، فهو من الأسماء
المحورية فى قصتنا ٠

عاش آينشتين فى زيورخ مقتصدا ، ولم يكن ذلك لعدم
كفاية موارده ، فهو منذ البداية استطاع توفير مقدار الخمس
منها ، مما مكنه من دفع رسوم الحصول على الجنسية
السويسرية ٠ فقد استطاع بمساعدة والده أن يقدم طلبه
للحصول عليها فى أكتوبر عام ١٨٩٩ ٠ وبعد صعوبات
بيروقراطية هائلة أصبح مواطنا من مدينة زيورخ ، ومن
رعايا مقاطعة زيورخ بسويسرا فى فبراير عام ١٩٠١ ٠
وقد احتفظ بهذه الجنسية رغم كل التقلبات فى حياته ٠

لم تكن سنوات المعهد العالى الأربع كلها سارة ٠ وكما
كتب فى « لمحات السيرة الذاتية » : « كان على المرء أن يحشو
دماغه بكل هذا من أجل الامتحان ، شاء أم أبى ٠ وكان لهذا

القهر تأثير منفر على لدرجة أنني وجدت نفسي بعد الانتهاء من اجتياز الامتحان الأخير ، عازفا عن البحث فى أية مسائل علمية طيلة عام كامل » .

أعقبت التخرج أوقات عصيبة وارتبكت الأمور ، وفقدت العلوم التى يعشقها سحرها . وباعدت صراحته الزائدة وفقد ثقته في السلطة بينه وبين مدرسيه ومن بينهم هينريش فيبر الذى كان ينفر منه بشكل خاص ، وهو نفسه الذى شجع قبل خمس سنوات ، بمبادرة كريمة ، ذلك الشاب الذى رسب فى اختبار القبول بالجامعة ، ومنذئذ تدهورت العلاقة فيما بينهما . وفى احدى المناسبات خاطب آينشتين بسخط ، له ما يبرره ، قائلا : « أنت شاب ذكى ، لكن لديك خطأ واحدا . أنت لا تستمع لأحد » .

بنهاية الدراسة انقطع الراتب الشهرى لآينشتين وتعين عليه البحث الجاد عن عمل . كان آنذاك فى الحادية والعشرين وعندما حاول الحصول على وظيفة فى الجامعة لم يوفق . وكتب عام ١٩٠١ قائلا : « يقولون اننى لست على وئام مع أى من أساتذتى السابقين . وقد كان من الممكن أن أجد وظيفة منذ وقت طويل كمعيد فى الجامعة لولا أن تدخل ضدى فيبر » .

واستطاع آينشتين أن يكسب عيشه بالقيام بأعمال مؤقتة كأداء الحسابات والتدريس فى المدارس والدروس الخصوصية . وهنا أيضا تسببت استقلاليته وبعده عن الدنيا فى العديد من المشاكل . وعاد اليه تدريجيا حبه للعلم . وبينما كان يمارس التدريس الخاص في زيورخ كتب مقالة بحثية عن « الخاصية الشعرية Capillarity » ، نشرت عام

١٩٠١ فى الجريدة العلمية الهامة « حوليات الفيزياء Annelen der Physik» • وقد استبعد آينشتين فيما بعد هذه المقالة واعتبرها « بلا قيمة » • ولكنه كان يقيمها حينذاك بمقاييس غير عادية •

كان آينشتين الشاب يعلق آمالا كبارا على هذا البحث عن « الخاصية الشعرية » • وفى ألمانيا ، خاصة فى تلك الفترة ، كان أساتذة الجامعة شخصيات تتمتع بالاكبار والاجلال لا يقترب العامة منهم ، وهم بدورهم وباحساسهم بالتميز والنفوذ ، كانوا متعجرفين • وتطلب الأمر كل شجاعة آينشتين ليكتب الرسالة التالية لعالم الكيمياء والطبيعة العظيم الكبير « فيلهلم أوستفالد Wilhelm Ostwald » الأستاذ فى جامعة لايبتزج Leipzig والذى حصل فيما بعد على جائزة نوبل :

« حيث ان اعجابى بكتابك عن الكيمياء العامة دفعنى لكتابة المقالة المرفقة عن (الخاصية الشعرية) ، فاننى أسمح لنفسى بارسال هذه النسخة منها • وبهذه المناسبة أجدنى أغامر بالسؤال عما اذا كان لديك عمل لفيزيقى رياضى على دراية بطرق القياس المعيارية • وقد تجرأت اذ سمحت لنفسى بهذا الطلب لأنى بلا موارد ، ومثل هذه الوظيفة فقط يمكن أن توفر لى الفرصة فى المزيد من التعلم » •

تم ارسال هذا الخطاب بتاريخ ١٩ مارس ١٩٠١ • وبمرور الآيام بلا رد ، جفت آمال آينشتين • وفى ٣ أبريل ألحق برسالته كارتا بريديا ، عبر فيه عن أهمية هذا الطلب له ، وأضاف متسائلا ، كذريعة ، عما إذا كان قد ضمن رسالته السابقة عنوانه فى ميلانو ، وهو ما كان مكتوبا بالفعل •

لم يأته رد أيضا • وفى ١٧ أبريل حاول فى اتجاه آخر ، فكتب مذكرة موجزة للأستاذ هايكى كامرلينج أونس Heike Kammerlinge-Onnes فى لايدن Leiden بهولندا ، وأرفق بها أيضا مقالته عن الخاصية الشعرية التى كانت فى ذلك الوقت انجازه الوحيد • ولم تأته هذه المحاولة بأية نتيجة • وفى تلك الأثناء وقعت حادثة مؤثرة فى حياته ، ولم يكن يعلم بها ، وهى تكشف عن حب أبيه له وأيضا آمال ألبرت واحباطاته خلال تلك الفترة العصيبة • ففى ١٣ أبريل عام ١٩٠١ ما كان من التاجر المفلس هيرمان آينشتين خلال مرضه ، وهو البعيد عن المجتمع الأكاديمى ، الا أن أخذ على عاتقه كتابة الرسالة التالية للبروفيسور أوستفالد :

« أرجو أن تسامح أبا اذا ما تجرأ على الكتابة لك من أجل ابنه • أود أولا أن أذكر أن ابنى ألبرت آينشتين البالغ من العمر ٢٢ عاما ، قد درس لأربع سنوات فى معهد زيورخ للبوليتكنيك ، واجتاز امتحانات الدبلوم بدرجات عالية فى الرياضيات والطبيعة • وهو يحاول منذ ذلك الحين ، بلا جدوى ، الحصول على وظيفة « مساعد بحثى » يمكن أن تعينه على مواصلة الدراسة فى الفيزياء النظرية والعلمية • وقد أثنى المتخصصون على موهبته • وعلى أية حال ، فانى أؤكد لك أنه مثابر ومجتهد بشكل كبير ويربطه بالعلم حب بالغ •

ان ابنى يشعر بتعاسة هائلة حيال تعطله الراهن ، وتتسلط عليه فكرة أنه فاشل فى مستقبله العلمى ولن يجد طريقه أبدا • وعلاوة على ذلك فهو يشعر بالاحباط باحساسه أنه عبء علينا بمواردنا المحدودة •

ولأن ابنى ، يا أستاذى العزيز ، يقدر ويبجل شخصكم من بين كل علماء الفيزياء البارزين فى عصرنا الحالى ، فأنا

أسمح لنفسي أن أناشدكم قراءة هذه المقالة المنشورة بالجريدة ، آملا أن تكتب له بضعة سطور تشجيعا له ، كي يستعيد رضاه بحياته وعمله •

اضافة لذلك ، فان أمكنك أن تحصل له على وظيفة كمساعد حاليا أو في الخريف فسيكون عرفاني وشكري بلا حدود •

أطمع أن تغفر لي جرأتي بارسال هذا المكتوب • وأضيف أن ابني لا علم لديه بهذه الخطوة غير المعتادة من جانبي » •

ولا نعلم ان كان هذا قد جعل البروفيسور يرد على الرسالة ، لكن المعلوم أن آينشتين لم يتسلم الوظيفة • وبذلك زرعت بذرة مفارقة كبرى •

فخلال أيام عام ١٩٠١ الكئيبة وجد آينشتين عزاءه وملاذه في الموسيقى • والأهم من ذلك أن الأفكار والتصورات العلمية تزاحمت على ذهنه • ورغم تزايد قدراته الذهنية الا أنه أحس بنفسه غريقا بلا حول ولا قوة في عالم لا مكان له فيه • لكن النجدة كانت في الطريق ، وجاءت في وقتها المناسب ، ومرة أخرى كانت من صديقه مارسيل جروسمان الذي كانت مذكراته الدقيقة عظيمة النفع خلال سنوات المعهد • لم يقدم جروسمان وظيفة المساعد لآينشتين ، فقد كان هو نفسه مجرد مساعد ، لكنه حكى في بدايات عام ١٩٠١ بحرارة عن متاعب آينشتين وزكاه والد صديقه بقوة لدى صديقه فريدريك هالر Freidrich Haller مدير مكتب براءات الاختراع في برن •

استدعى هالر آينشتين للمقابلة ، وسرعان ما تبين نقص المؤهلات الفنية اللازمة لديه · ولكن من خلال اللقاء الذى استمر لساعتين عصيبتين ، أدرك هالر أن لدى ذلك الشاب ما يفوق الأمور الفنية ، وتكونت لديه أسباب قوية للاعتقاد بتمكنه من نظرية ماكسويل ، وهـو ما دفع هالر لعـرض وظيفة مؤقتة فى مكتب البراءات · ولأنه لم تكن هناك أماكن شاغرة ، ولأن القانون يفرض الاعلان عن الوظائف الخالية، فقد كان ذلك يعنى التأخير ·

وخلال فترة الانتظار كان آينشتين يتعيش بشكل حرج على التعليم والتدريس الخاص · ومنذ مايو وحتى يوليـو ١٩٠١ حصل على وظيفة مؤقتة كمدرس احتياطى للرياضيات فى المدرسة الفنية فى ونترثور Winterthur · وهناك أكمل مقالة بحثية عن الديناميكا الحرارية وقدمها لجامعة زيورخ توطئة للحصول على درجة الدكتوراه · وأجيزت المقالة أخيرا للنشر فى مجلة « الطبيعة « Nature » » السنوية · ولكن الأستاذ كلاينر Kleiner رفضها كأطروحة للدكتوراه ·

فى ١١ ديسـمبر كانت نتيجة محـاولته للحصـول على الدكتوراه لم تزل غير معلومة ، عنـدما أعلن فى الصـحيفة الاتحادية عن وظيفة شاغرة بمكتب البراءات · وعلى الفور تقدم آينشتين للحصول عليها وكانت : مهنـدس من الفئـة الثانية ·

وفى فبراير ١٩٠٢ انتقل للعيش فى برن متكسبا بكل طاقته بالتدريس الخاص · وفى ١٤ مارس أصبح فى الثالثة والعشرين وبحلول الربيع استمر فى ذلك العمل · وبعـد مرور أبريل ومايو ويونيو وأخيرا فى ٢٣ يونيو ١٩٠٢ ،

مع قدوم الصيف ، بدأ آينشتين العمل فى مكتب الابتكارات السويسرى ، كخبير فنى من الطبقة الثالثة تحت الاختبار ، براتب سنوى متواضع قدره ٣٥٠٠ فرنك ٠

أخيرا أصبحت له وظيفة ثابتة ، وسرعان ما برع فيها ٠ وكان سعيدا بتحرره من المناخ الأكاديمى العدائى الذى سبب له الكثير من المعاناة النفسية ٠ ومن خلال معونة صديقه جروسمان وجد المأوى الذى يمكنه من العمل خلال أوقات فراغه فى صفاء وبحماس متزايد على أفكاره المتنامية ٠ وفى هذا المأوى غير المتوقع نضجت عبقريته ٠

وفى عامه الأخير كتب عن تزكية جروسمان له لدى هالر فى مكتب البراءات : « كأعظم ما فعله من أجلى صديق » ٠ لن يختفى الرجل من قصتنا ، بل على النقيض ، فقد تداخلت مصائر الرجلين بشكل يصعب تصديقه ٠ وسنرى أن جروسمان سيفعل المزيد من أجل آينشتين ٠ وعندما توفى بعد مرض طويل عضال كتب آينشتين خطاب عزاء مؤثرا ، عبر فيه عما يمثله جروسمان بالنسبة له :

«تعاودنى ذكريات دراستنا في البوليتكنيك ٠ هو الطالب المثالى وأنا الحالم غير المرتب ٠ هو على أفضل علاقة بأساتذته يستوعب كل شيء بسهولة ، وأنا المتباعد غير الراضى وغير المحبوب ٠ ولكننا كنا صديقين وكانت حواراتنا كل بضعة أسابيع حول أقداح القهوة المثلجة فى المتروبول من بين أجمل ذكرياتي ٠ ثم انتهت الدراسة وأصبحت فجأة بعيدا عن الكل أواجه الحياة ولا أدرى وجهتي ٠ ولكنه كان بجانبي ، ومن خلاله هو وأبيه تعرفت بعدها بسنوات على هالر في مكتب البراءات ٠ هذا هو ما أنقذ حياتي ، لا أعني أني كنت أموت بدونها (الوظيفة) ، ولكن لولاها لتجمد نموي الثقافي » ٠

الفصل الثالث

ارهاصات النبوغ

أصبح آينشتين قابعا فى مكتب البراءات ، لذلك فلا داعى للعودة الى فترة الانتظار فى برن . لم البحث فى الماضى والمستقبل فيه الكثير ؟! .

لم تكن فترة التدريس الخصوصى فى برن تعيسة أو فارغة كما نتصور . فقرابة عيد الفصح عام ١٩٠٢ ، وبحلول الربيع اطلع رجل رومانى ، موريس سولوفين Morice Solovine ، على اعلان فى احدى صحف برن عن دروس خاصة فى الفيزياء يقدمها المدعو « ألبرت آينشتين » مقابل ثلاثة فرنكات للساعة الواحدة . كان سولوفين طالب فلسفة بجامعة برن وكانت له اهتمامات متنوعة . وذهب الرجل لزيارة آينشتين وأوضح له أن سبب عدم رضاه عن الفلسفة أنها غير ملموسة ، وأنه يرغب فى تعلم موضوع ملموس كالفيزياء . ومس ذلك وترا حساسا لدى آينشتين . تبع ذلك مناقشات حارة دامت قرابة الساعتين ، وعندما غادر الرجل رافقه آينشتين وتواصل الحديث بينهما فى الشارع لمدة نصف ساعة أخرى . وفى اليوم التالى التقى الرجلان فى

الدرس الأول ، لكن مناقشات الأمس امتـدت لتحـل محـل الدرس . وفى اليوم الثالث عبر آينشتين عن أن هذه الحوارات مع سولوفين أكثر افادة من الدروس التى لا يرى ضرورة لها فى الفيزياء . وعلى هذا الأساس تقابل الرجلان بانتظام . وسرعان ما انضم لهما كونراد هابيشت Konrad Habchit وهو طالب رياضيات صديق لآينشتين . وشكل الثلاثة فيما بينهم ما كانوا يسمونه بحب عميق : « الأكاديمية الأولمبيـة Olympia Academy » . وكمـا يتقـابل الأصـدقاء للعب الورق تقابل آينشتين ورفيقاه للتحاور فى الفلسفة والفيزياء وفى بعض الحالات الأدب أو غيره مما يعن لثلاثتهم .

وكان آينشتين هو المحرك بشكل مكثف وصاخب . عادة ما كانت هذه اللقاءات فى بيته تبدأ بعشـاء بسيط وتمتد المناقشات الساخنة الحيوية حتى الليل مما يزعج الجيران . وكان الأصدقاء يقرءون سويا ويحللون أعمالا من الفلسـفة والعلوم ، مما كان له عظيم الأثر على تطور أفكار آينشتين . وبتطورها حاول أن يجربها على أصدقائه . ورغم أنه ظـل ميالا للوحـدة فى الأساس ، فقد وجـد هنـا من هم عـلى شاكلته . لقد جمعت الأكاديمية الأولمبية بين الجد والمتعة :

فى نهـاية المطاف أصـبح هابيشت مدرسـا ببلدته « شافهاوزن » التى درس فيها آينشتين لبعض الوقت . أما « سولوفين » الذى استقر فى باريس ككاتب ومحرر ، فقـد أصبح المترجم المفوض بترجمة كتب آينشتين للفرنسية . ولما كان هابيشت قد رحل من برن عام ١٩٠٤ وتبعه سولوفين بعد عام واحد ، فقد كان عمر الأكاديمية الفعلى قصيرا . ولكن الأصدقاء الثـلاثة ظلوا عـلى اتصال فيما بينهم واستمرت الأكاديمية حية فى ذاكرتهم .

فى آكتوبر ١٩٠٢ توفى والد آينشتين . مات قبل أن يعرف ما آصبح عليه حال ابنه ، وسيطر على آينشتين احساس بالكآبة وظل يسأل نفسه تكرارا ، لم لم يمت هو نفسه بدلا من أبيه . ولازمه الاحساس العميق بالخسارة . وبالفعل فقد كتب مرة قائلا بأن موت أبيه كان أشد صدمة تعرض لها فى حياته .

لكن آينشتين وجد فى عمله الترياق والسلوان لأحزانه، وأصبح ذهنه الآن يعج بالأفكار العلمية التى كان مشتغلا بها قدر امكانه . ففى مكتب البراءات ، على سبيل المثال ، تعلم سريعا كيف يؤدى واجباته بكفاءة ، مما أعطاه فرصة اقتناص أوقات ثمينة لاجراء حساباته المختلسة التى كان يخفيها آثما فى درج مجاور اذا سمع وقع أقدام تقترب . وبعد سنوات عديدة ، بعد أن آصبح عالمي الشهرة ظلت هذه الذكريات تؤرق ضميره .

وعندما تزوج آينشتين ميليفيا ماريس عام ١٩٠٣ وكانت من الروم الأرثوذكس ، كان هابيشت وسولوفين هما شاهدى العقد . ورزق بابنه الأول « هانز ألبرت » عام ١٩٠٤ ، والثانى « ادوارد » عام ١٩١٠ . ولكن الزواج لم يكن سعيدا . ورغم ذلك ظل ألبرت وميليفيا صديقين بعد الطلاق .

فى عام ١٩٠٢ كان آينشتين قد أتم بحثه العلمى الثالث ونشر كسابقيه فى نفس المجلة العملية . وفى يناير ١٩٠٣ كتب خطابا بالغ الأهمية لصديق أيام زيورخ، ميشيل بيسو، الذى سبق ذكر زواجه من ابنة جوست وينتلر . وفى معرض ذكر بحثه العلمى الرابع يبين الخطاب لمحة عن المستويات

الرفيعة التى وضعها لنفسه : « يـوم الاثنين الماضى سـلمت التقرير بعد تغييرات وتعديلات عديدة • وقد أصبح العمـل الآن كامل الوضوح شديد البساطة ، وأنا راض عنه تماما» • ويكشف الخطاب أيضا عن آمال آينشتين الأكاديمية فى ذلك الوقت • ويبين أيضا هاجسه المستمر : « لقد قررت مؤخرا أن أصبح محاضرا خاصا اذا أمكننى ذلك • ومن ناحية أخرى لن أحصل على درجة الدكتوراه ، وهو مالا يفيـدنى كثيرا • لقد تحول الأمر كله الى كوميديا مملة » •

قبلت المجلة البحث الرابع فى حينه ، وتلا ذلك البحث الخـامس • وفى عام ١٩٠٤ يبـدو أن بعض تطبيقـات الابتكارات ، التى كان على آينشتين اختبارها ، قد تضمنت نماذج الآلات أبدية التشغيل ، ولكن عيوبهـا كانت صـعبة الاكتشاف • لكن آينشتين كان يعلم جيدا أنها لم تكن لتعمـل فى الأساس ؛ لأن أبحاثه الثالث والرابع والخامس ، تناولت الديناميكا الحرارية ، وهو علم قوى قائم عـلى قانـونين أو مبدأين يؤكدان أساسا استحالة بناء آلات أبدية التشغيل • وبشرح أكثر تقنية ، فان القانون الثانى للديناميكا الحرارية يرتكز على مفهوم أساسى هو « الأنتروبيا entropy » • ولحسن الحظ فان معناها لا يعنينا فى هذا المقام • ولكننا نشير فقط الى أن العالم النمساوى لودفيج بولتزمان Ludwig Boltzman • أعطاها تفسيرا مؤسسا على الاحتمالات ، وقد استخدم آينشتين هذا المفهوم بأستاذية فيما بعد • كيف استطاع أن يكتسب أستاذيته هذه فى المفاهيم الاحصائية للديناميكا الحرارية ؟ بأفضل طريقة ممكنة : الاستيعاب العميق ، فقد بدأ من أعمال بولتزمان الرائدة وكون لنفسه أفكارا تفصيلية كان الموضوع الرئيسى لأبحاثه الثالث والرابع والخامس • لم يكن يعلم فى

ذلك الوقت أنه ، وان كان بمفهوم جديد ، قد غطى مجالات سبق أن عالجها بولتزمان ، ويعمل عليها وقتها بصورة ما عالم أمريكي هو ويلارد جيبس Willard Gibbs • وهو ما يبين لنا مدى ما بلغه آينشتين من خلال التعلم الذاتي ، لأن بولتزمان وجيبس كانا من عمالقة عصره • والأكثر من ذلك أنه استطاع تخطيهما في تطوير أفكار احصائية معينة •

كانت هذه الأوراق الأولى لآينشتين مجرد بداية ووضع للأساس ، ولم تكتب في ظروف سهلة ، فقد كانت المكتبات العلمية المتاحة أمامه غير كافية بالمرة ، وأثناء عمله في هذه الأبحاث كان منهمكا في العمل في مراجعة المعايير في مكتب البراءات • وفي سبتمبر ١٩٠٤ تغير وضعه الوظيفي من « تحت الاختبار » الى « دائم » •

وفي نفس الوقت ، وبالحاح من آينشتين ، قبل ميشل بيسو وظيفة في مكتب البراءات • كان بيسو مهندسا ايطاليا ، والأهم من موهبته وسعة معارفه كانت رقته وكرمه • ولأن أفكار آينشتين كانت قد قاربت ذرواتها المشهودة ، فلقد اعتاد أن يناقشها مع بيسو ليس فقط في المكتب وانما أيضا في طريق العودة للمنزل • ولكونه ناقدا متعمقا فقد أعانه بيسو على شحذ مفاهيمه • وظل طيلة الوقت ليس فقط مجرد المشجع دائم الحماسة ، وانما كان الرفيق الذهني المثالي لتنقيح الأفكار في ذلك الوقت • لقد كان آينشتين المرفوض من الوسط الجامعي الأكاديمي محظوظا في أصدقائه الثلاثة : بيسو وهابيشت وسولوفين •

في عام ١٩٠٥ تبلورت عبقرية آينشتين كوردة بديعة ، وكان عاما رائعا يقع من تاريخ الفيزياء على قدم المساواة

مع العام ١٦٦٥/١٦٦٦ عندما أجبر الوباء الذى ضرب انجلترا جامعة كامبردج على اغلاق أبوابها ، مما أدى بنيوتن الشاب الى ترك الجامعة والعودة الى قريته « ولشتروب Woolshtrope » ، حيث عمل سرا على تطوير علم حساب التفاضل والتكامل ، وتوصل الى اكتشافات هامة عن الضوء والألوان وأصبح على الطريق الذى أدى الى وضع قانون الجاذبية بعدها بسنوات ٠

وفى ربيع عام ١٩٠٥ كان آينشتين على معنويات عالية عندما كتب فى رقة معاتبا هابيشت على انقطاع اتصاله : « مالك أيها التعيس ! لم ترسل لى أبحاثك ؟ ألا تعلم أنى أحد اثنين يمكن أن يقرأها باهتمام واستمتاع ٠ وأعدك ، فى المقابل ، بأربعة أبحاث من جانبى ٠٠ الأول منها ٠٠ ثورى !! » ٠



الفصل الرابع

اشراق فجر جديد

كان البحث الأول بالفعل ثوريا ٠٠ هل كان النظرية النسبية ؟ كلا ٠٠ فلم يحن وقتها بعد ٠ وما نورده هنا هو جزء مما أسماه آينشتين فيما بعد « أعمال موسمية » ٠ وسنبدأ بجزء يبدو خفيفا : « اذا قمنا بتسخين كتلة من الحديد ، فانها تسخن وتزداد سخونتها بأستمرار التسخين ، ثم تبدأ بعدها فى التوهج ٠ وبزيادة التسخين يصبح الوهج أكثر بريقا ثم يتحول الى اللون البرتقالى ثم الأصفر وسريعا الى لون أبيض ذى زرقة باهتة ٠ قد يبدو كل ذلك شيئا عاديا ، غير أنه ينطوى على شيء محير بحق ! ٠

كيف يمكن للعلماء وضع معادلة رياضية تصنف توهج الحديد فى درجات الحرارة المختلفة ؟ أحد الوسائل المتاحة أمامهم هو قياس التوهج ولونه ووضع النتائج فى رسوم بيانية ، بحثا عن علاقة رياضية واضحة تسترعى الانتباه ٠ وبفرض امكان ذلك ، فهو ليس كافيا ٠ انهم يرغبون فى استنباط معادلة رياضية مما يعرفونه بالفعل عن تغيرات الحرارة والضوء والمادة » ٠

ما الذى يعرفونه بالفعل ؟ هذا يتوقف على الحقبة نفسها • ففى الجزء الأخير من القرن التاسع عشر كانوا يعرفون عددا من القواعد والمفاهيم المتداخلة بجمال وتعمل بشكل مرض للغاية • لكنها لم تأت بسهولة • وهناك الكثير مما يقال عنها • فلنقتطف بعضا منه عن أهم انجازاتهم •

ولنأخذ الضوء على سبيل المثال • ففى القرن السابع عشر توصل نيوتن لنظرية عن الضوء والألوان ، أدت الى كل البيانات التجريبية البصرية المعروفة فى عصره • وقد تصور أن الضوء عبارة عن تيار من الجزيئات ، كل منها له نوعية من النبضات يتحدد اللون على أساس معدلها •

أما معاصره عالم الطبيعة الهولندى كرستيان هايجينز Christian Hygens ، فقد كانت له نظرية مختلفة تماما • ان الضوء عنده لا ينتشر فى صورة تيار من الجزيئات ، وانما على شكل موجات • ولأن نظرية نيوتن فى الجزيئات تفسر عدة ظواهر ، فقد كتب لها السيادة •

ولكن أتى القرن الجديد بأحداث هامة ، بداية من عام ١٧٩٩ • فقد توصل عالم الطبيعة والطبيب البريطانى ، والذى أصبح فيما بعد عالم مصريات ، توماس يونج Thomas Young الى دلائل قوية لاقت قبولا واسعا ، على صحة نظرية الموجات فى الضوء • وبدون التعرض للتفاصيل فان الفكرة العامة تسترعى الانتباه • فقد بين أن تداخل حزمتين من الضوء يولد ظلاما ، بمعنى أنه اذا سقط الضوء من مصدر صغير على شاشة ، واعترض مساره حاجز ذو ثقبين دقيقين ، فانه ينتج حزما متعاقبة من الضوء والظلام على الحاجز • كيف يمكن للضوء عندما يتداخل مع ضوء آخر أن ينتج حزما

من الظلام ؟ لم يكن هناك تفسير مناسب لذلك فى نظرية تيار الجزيئات • أما فى نظرية الموجات فلا تمثل المناطق المظلمة أية مشكلة ، لأنها هى البقع التى تتلاقى فيها قمة موجة مع قاع الموجة الأخرى ، فتتلاشيان • وقد أطلق يونج على ذلك ظاهرة « تداخل الموجات interference » ويطلق على حزم الضوء والظلام « حزوز التداخل interference fringes » .

ومن الجدير بالذكر أن يونج دافع عن نظرية الموجات فى الضوء ، دون أن ينتظر التفسيرات الموجية لأى من التأثيرات الضوئية المعروفة • وكالعادة عندما تتعرض أفكار راسخة للتفنيد فقد تعرضت أعماله لهجوم قاس • ولكنه بعد اثنتى عشرة سنة وجد حليفا قويا فى عالم الفيزياء الفرنسى أوجستين فرسنل Augustin Fresnel ، الذى دافع بشكل مستقل عن نظرية التداخل واكتشف المزيد من الدلائل التى تهدم نظرية الجزيئات •

وتصاعدت الدلائل بسرعة ، حتى انه خلال عقد واحد أسقطت نظرية الجزيئات تماما • وكانت التجربة الفاصلة هى قياس سرعة الضوء فى الماء • وحسب قوانين نيوتن فان السرعة فى الماء أعلى منها فى الهواء بينما تنص نظرية الموجات على العكس • وقد أظهرت التجارب أنها بالفعل أقل •

لم ينته الأمر عند هذا الحد • فقد جاء المزيد من التأكيد على نظرية الضوء من مصدر غير متوقع • ففى عام ١٨١٩ اكتشف عالم الفيزياء الدنماركى هانز كريستيان أورستيد Hans Christian Orsted العلاقة الخاصة بين الكهرباء والمغناطيسية ، وبين أن مرور تيار كهربى فى سلك يؤثر على ابرة مغناطيسية • وقد استطاع العالم الفرنسى أندريه

ماری آمبیر Andre Marie Ampère تحليل ذلك التأثير رياضيا وتجريبيا ببراعة وتفصيل ، حتى انه اعتبر « نيوتن الكهرومغناطيسية » •

فی نفس الوقت تمكن المجرب الانجليزی مايكل فاراداى Michael Faraday من تحقيق اكتشافات عملية بارزة فی الكهرباء والمغناطيسية • ولكونه ذاتی التعليم الى حد بعيد ويفتقر الى التمكن من الرياضيات ، لم يستطع تفسير هذه النتائج كما فعل آمبير • وكان ذلك من حسن الطالع ، فقد أدى الى ثورة فی العلوم • فقد ركز أمبير ورفاقه على الأشياء المنظورة ، المغناطيسات ، الأسلاك التی تحمل تيارا كهربيا ، وما الى ذلك • وكذلك على عدد السنتيمترات التی تفصل بين أجزائها • وكانوا يسيرون على هدى من مفاهيم الحركة التی تطورت خلال سنوات من النجاح الساحق لنظام نيوتن فی الميكانيكا وقانون الجاذبية • ولكن فاراداى اعتبر تلك الأشياء المنظورة ثانوية • أما الأحداث الفيزيائية الهامة فهی تقع فی المحيط أی « المجال » • وقد تخيل أنه ملیء بقرون استشعار تبين حركاتها التأثيرات الالكترومغناطيسية الملاحظة • ورغم أنه استطاع بهذه الطريقة أن يفسر تجاربه الالكترومغناطيسية ببساطة مدهشة ودقة عالية ، الا أن الفيزيائيين الذين كانوا على دراية بالرياضيات اعتبروا أن هذه المفاهيم ساذجة رياضيا •

ولكن أحد القلائل الذين لم يفعلوا ذلك كان الفيزيائی الاسكتلندی جيمس كلارك ماكسويل James Clark Maxwell . وقد أدرك ماكسويل أن مفاهيم المجال لفاراداى ، والتی تبدو بدائية ، لها مضمون رياضی قوی • وقد وثق ضمنيا فی حدس

فاراداى ، وكان حدسه هو أيضا قويا بنفس الدرجة • وقد أوصله لعدة معادلات غاية فى التناسق والجمال • ونتيجة لهـــذا التمـــاثل توصـــل الى وجـــوب وجـــود المـــوجات الكهرومغناطيسية ، وأن هذه الموجات تنتقل بسرعة الضوء ، وأن لها ، من بين خصائص أخرى ، كل الصفات التى أعطاها يونج وفرسنيل لموجاتهما الضوئية لتصلح للتجربة العملية • لذلك، فقد أعلن أن الموجات الضوئية وتلك الكهرومغناطيسية هما شىء واحد •

كان ذلك فى الأعوام ١٨٦١ ــ ١٨٦٤ ، الا أن نظرية ماكسويل فشلت ، رغم أنها لقيت تجاوبا واسعا، فى اكتساب القبول العام خلال حياته ، وذلك بسبب مفاهيم التماثل التى أثارت الســذاجة الفيزيائيــة • وتوفى عام ١٨٧٩ ، نفس العام الذى ولد فيه آينشتين • ولم تتــأكد نظريتــه الا عام ١٨٨٨ • فى ذلك العام تمكن العالم الألمانى هينريش هيرتز Heinrich Hertz من توليد ما تسميه الآن موجات الراديو واكتشافها كهرومغناطيسيا ، وبين بتفاصيل لا تقبل الجدل أن خصائصها كما تنبأ ماكســويل • وبهــذا ثبتت معادلات ماكسويل أخيرا • وبعدها بعــام أو اثنين قال هيرتز : « ان نظرية الموجات فى الضــوء من وجهة النظــر البشرية هى حتمية » • فموجات الضوء ما هى الا موجات الكترومغناطيسية ذات ذبذبات أو تردد واقع فى نطاق ضيق ، وتعتمد الألوان على هذه الترددات • وخارج هذا النطاق الضيق من الترددات لا يكون الاشعاع الكهرومغناطيسى مرئيا بشكل مباشر • فى الترددات العالية تكون ما يعرف بفــوق البنفســجية • وفى الترددات الأعـــلى هنـــاك أشعة × وأشــعة جاما • أما فى

المستويات الاقل من الترددات فهنـاك الاشـعه تحت الحمراء والاشعاعات الحرارية وعلى المستوى الأقل موجات الراديو • وهذه صـورة هامة من التـوحد • فالاشـعاعات المتنافرة المتباعدة عند ارتباطها معا تعتبر أعضاء من عائلة كبيرة من الظواهر الكهرومغناطيسية ، وهى تتصل بعلاقة قرابة مـع مغناطيسية ابرة البوصلة التى استرعت انتباه آينشتين فى سن الخامسة • •

يكفى هذا القدر عن الضوء والمغناطيسـية فى الـوقت الحالى • والآن ماذا عن الحرارة ؟ لقد تحـدثنا عنهـا توا ، ولكن كان الحديث عن الحرارة فى صورة اشعاع • وللحديد المتوهج حرارة داخليـة أيضا ينظر اليها حاليـا كذبذبات مجهرية داخلية ، وهى بالاضافة للاشعاعات ، أحد الأشـكال العديدة للطاقة •

قصة الحرارة وتطور علم الديناميكا الحرارية طـويلة ومعقدة ولن نتعرض لقدر كبير منها • وهذا ظلم للمجددين ذوى الجرأة الذين وضعوا الأساس لهذا العلم برغم المعارضة القوية من الفيزيائيين • ولكن كتابنا هو عن آينشتين ، وهو يقف فى انتظار دوره للدخـول ، والذى لم يحن بعـــد • باختصار، وضع المنظرون خاصة ماكسويل وبولتزمان نظرية للغازات ، تتكون من جزيئات متصادمة فى حركة فوضوية وان طاقة هذه الحركة ، كشأن طاقة الذبذبات الداخلية للمـواد الصلبة هى حرارة • والآن ، فلنقفز الى العام ١٩٠٠ لنتحدث عما حفز أوراق آينشتين الأولى الشهيرة عام ١٩٠٥ :

وفى برلين فى أكتـوبر عام ١٩٠٥ سـمع الفيزيائى الألمانى البارز ماكس بلانك Max Blank أخبارا مزعجة •

وكان كالعديدين يحاول تفسير توهج الجسم الأسود الساخن، وهو صورة مثالية للحديد الساخن • وقد عاون فى السنوات التى سبقت ذلك على استنباط معادلة من المبادىء الفيزيائية، تبين القدر الموجود من كل لون في توهج الحديد ، أو بمعنى أكثر فنية ، كم من الطاقة الكلية للاشعاع ينتمى لكل ذبذبة • وأول من توصل لمعادلة الاشعاع فى «الأجسام السوداء» كان العالم الألمانى الفيزيائى فيلهيلم فين Wilhelm Wien ، والذى حصل على جائزة نوبل عام ١٩١١ • وقد اجتازت هذه المعادلة التجارب العملية ، ولكن رجال المعامل أبلغوا بلانك بأنها تصلح للذبذبات المنخفضة وغير قابلة للتطبيق فى الذبذبات الأعلى من حد معين • ما العمل ؟ استطاع بلانك من خلال المناورة الرياضية البارعة ايجاد معادلة جديدة لاشعاع الأجسام السوداء • وقد صمدت هذه النظرية للتجارب العملية حتى الآن •

ولأنه توصل للمعادلة بحيلة رياضية ، وجد بلانك نفسه أمام مهمة التوصل لها من خلال مبادىء الفيزياء • وكانت الأسابيع التالية ، حسب قوله فى خطاب قبول جائزة نوبل التى حصل عليها بعد ثمانية عشر عاما ، الأشد اجهادا فى حياته كلها • وبحلول ديسمبر كان لديه الحل • ولكن لنر اذا ما كان حلا جادا • لنفرض أن بلانك قال ، وبكل جدية ، ان الأراجيح يمكنها أن تتأرجح فى أقواس محددة الطول ، ٣ أقدام أو مضاعفاتها ، أما الأطوال الأخرى ، ٤ أقدام ، ½ قدم ، فمحظورة • ستقول ان هذا هراء بالتأكيد • الا أن ذلك ، على المستوى المجهرى ، كان جزءا مما تعين على بلانك افتراضه من أجل التوصل لاستنباط المعادلة • بمعنى آخر ، كان عليه أن يفترض أن هذه الترددات المجهرية لا تغير الطاقة

بسلاسة ونعومة ، ولكن بدفقات من كميات خفية وهو ما أسماه « الكوانتا quanta » أو « الكم » • وكان عليه أيضا أن يفترض أن النسبة بين الطاقة والتردد ثابتة ، وقد أسماها «h» وتسمى الآن « ثابت بلانك » ، وأصبحت افتراضاته الكمية علامات غير مسبوقة فى تاريخ العلوم • لقد غيرت الفيزياء •

ولكن علينا ألا نترك النظرة الداخلية تسيطر على رؤيتنا • فى عام ١٩٠٠ لم يكن بلانك راضيا عن افتراضات الكم والتى وصفها فيما بعد بأنها « تصرف يائس » • ورغم المآخذ على العمل الا أنه قدمها فى ١٤ ديسمبر عام ١٩٠٠ للجمعية الفيزيائية الألمانية فى محاضرة طبعت فيما بعد ، وأرسل نسخة مطورة منها الى « حوليات الفيزياء » ، حيث نشرت عام ١٩٠١ ولكنها قوبلت بصمت مهذب • وقد حاول بلانك فى السنوات التالية بلا نجاح استنباط معادلة خاصة بالاشعاع بوسائل غير معتادة • لم يحاول التخلص من «h» لأن هذا الجزء تحديدا كان لابد من وجوده • بل انه بالفعل كان موجودا بصورة ضمنية فى معادلة « فين » المعيبة •

منذ أواخر عام ١٩٠٠ وحتى عام ١٩٠٥ ، ظل مفهوم الكم عاطلا ، فلم يكن فى العالم كله فى تلك السنوات الا رجل واحد يمكن أن يجرؤ على الايمان بها • وكان ذلك الرجل هو آينشتين الذى أدرك بسرعة أهمية أعمال بلانك • وفى ١٧ مارس عام ١٩٠٥ بعد عيد ميلاده السادس والعشرين بثلاثة أيام أرسل لمجلة « حوليات الفيزياء » أول أبحاثه الأربعة التى كتب عنها لهابيشت ، والتى قال عنها انها « ثورية جدا » •

وتبدأ الورقة بملاحظة بالغة البساطة تنفذ مباشرة الى قلب المشكلة • فقد أشار الى وجود تناقض أساسى بين الطريقة التى ينظر بها المنظرون الفيزيائيون الى المادة ونظرتهم للاشعاع • فقد اعتبروا المادة مكونة من جزيئات ، ولكن نظريات ماكسويل لكونها نظريات مجال اعتبرت الاشعاع شيئا سلسا ومستمرا معا ، لهذا تتصادم النظريات التقليدية ولا يمكن تحقيق الانسجام بينها بسهولة • وأثبت آينشتين رياضيا أن التعارض بينهما حتمى لابد منه •

ما الحل ؟ كان آينشتين مدركا للانتصارات الضخمة التى حققتها نظرية الموجات الكهرومغناطيسية للضوء ، ولكنه كان يعلم آيضا قصورها فى بعض المواضع • لهذا اقترح بجرأة ، كفرضية للعلم ، أن ينظر للضوء باعتباره مكونا من جزيئات •

ولم يكن ذلك ضربة عشوائية من هاو ، فلم يكن آينشتين ليجرؤ أن يعلن مثل هذه الفكرة الجريئة بلا أسباب قوية • لنستعرضها ؛ لنرى على الأقل احساسه الغريزى بكل ما هو أساسى • لقد كان عليه أن يمضى بشجاعة وحذر معا وسط هذه المتاهة ، معتمدا على ما يثق فيه من ركائز • وقد اعتمد على معادلة « فين » المعيبة للأجسام السوداء ، والتى رآها تفى بالغرض • وبدون أن يلزم نفسه بأى ميكانيزم معين ، مثل ما اقترحه بلانك ، كان ذلك أسلم كثيرا • وقد نقل عن «فين» معادلة عن أنتروبيا الاشعاع ، وقام بمقابلتها بمعادلة « فين » عن الأجسام السوداء • وبين أن أنتروبيا الاشعاع تتخذ شكلا رياضيا مطابقا لشكل الغازات ، وبالتالى فهو مكون من الجزيئات • ثم بمقابلة معادلة بولتزمان الاحتمالية عن « الأنتروبيا » أظهر آينشتين أن نسبة الطاقة الى الذبذبة

للجزيئات الضوئية هى بالتحديد القيمة التى استخدمها بلانك فى القفزات الكمية ٠

لنا أن نتصور ما كان يتمتع به آينشتين من معارف فيزيائية عميقة وحس نافذ راسخ ، وهو ما مكنه من اختيار هذه الأساسيات فقط والتى أدت الى هذه النتائج العظيمة ٠ كان على علم بالاعتراضات العديدة التى سيثيرها علماء الفيزياء على مقترحاته ٠ ورغم ما سببته فرضيات بلانك من مشاكل فقد كان آينشتين ينشر عدوى التصور الكمى الى الضوء نفسه ٠ وقد فسر السلاسة التى بدت فى معادلات ماكسويل بأنها خداع السرعة ، بالضبط كما تبدو صور العداء المتلاحقة فى شريط سينمائى كعدو متصل ٠ لكنه كان يعمل جيدا ، ولم يكن بامكانه تفسير الموجات الماكسويلية التى أثبتها هيرتز بصورة قاطعة ، أو التجربة الحاسمة عن سرعة الضوء فى الماء ، أو ، اذا ما عدنا للمبادىء ، أدلة التداخل القوية المعارضة نظرية جزيئات نيوتن التى وضعها يونج وفرسنل ، وبدآت قبل قرن تماما من ظهور فكرة بلانك الجوهرية ٠

وهناك تواز مدهش بين يونج وآينشتين ٠ فعندما استخدم يونج فى البداية حجج التداخل ــ الضوء يلغى الضوء ــ فى مواجهة نظرية الجزيئات السائدة ، كان يعرف أنه لا يعلم ما يمكنه عمله لمواجهة الصعوبات التى تواجه نظرية الموجات ، غير أن ذلك لم يثنه عن عزمه لأنه أدرك أن نظرية نيوتن عن الجزيئات كانت عرضة للنقد ٠ وقد أثبتت التطورات اللاحقة جرأته ٠ وبعد قرن من الزمان ، وفى مواجهة نظرية الموجات المسيطرة ، ظل آينشتين أيضا صامدا

أمامها لأنه مع ظهور الدلائل الجديدة ، أيقن أن ماكسويل أيضا معرض للنقد ·

وهنا نحى آينشتين جانبا ، بصفة مؤقتة ، كل المشكلة التى تحوط « كوانتا » الضوء ليستطيع التركيز على المزايا الممكنة لفكرته · وبين أنها ليست مما يمكن الاستخفاف به ، خاصة فى المواقع التى يتفاعل فيها الضوء مع المادة ، وهى مواطن ضعف نظرية ماكسويل · وبين أن فى كوانتا الضوء تفسير أحدالتأثيراتالمعروفة والمتعلقة بمصابيح الفلورسنت· وفيها أيضا تفسير لأحد التأثيرات الملاحظة عند مرور الأشعة فوق البنفسجية خلال الغازات · والأكثر من ذلك أنه طبق فكرته على انبعاث الالكترونات من المعادن بواسطة الضوء ، وهى الظاهرة المعروفة بالتأثيرات الكهروضوئية ·

وهذه الأخيرة على جانب كبير من الأهمية · فقبل ثلاث سنوات كانت هناك تجارب رائدة أجراها الفيزياء الألمانى فيليب لينارد Philipp Lenard عن التأثيرات الكهروضوئية، وشدد على أن نتائج تجاربه تتعارض بشكل حاد مع ما هو متوقع على حسب أساسيات نظرية ماكسويل · على سبيل المثال فان زيادة تردد موجات الضوء تزيد من طاقة الالكترونات المنبعثة ، وهى حقيقة لا تتوافق مع نظرية ماكسويل · وبين آينشتين أن كوانتا الضوء تفسر ببساطة شديدة تلك النتائج المحيرة التى توصل اليها لينارد · ولنأخذ تأثير تغيير الذبذبة ، على سبيل المثال · ان سقوط الضوء على سطح معدنى يعنى سقوط كوانتا الضوء عليه ، وحيث ان نسبة الطاقة / الذبذبة ثابتة فكلما زادت الذبذبة ارتفعت الطاقة المحتواة بها ، وزادت أيضا قوة الصدمة التى تحدثها

كوانتا الضوء عند ارتطامها بالالكترونات • ولا عجب عندئذ فى أن تزداد طاقة الالكترونات المنبعثة بزيادة تردد موجات الضوء • وأمكن أيضا تفسير التأثيرات المحيرة بنفس السهولة، وتمكن آينشتين من استنباط معادلة كهروضوئية غاية فى البساطة ، فى الوقت الذى كانت فيه نظرية ماكسويل عاجزة تماما عن تقديم أية تفسيرات ، بل لقد تخطت النظرية الكهروضوئية ما كان معروفا من التجارب آنذاك •

تلك كانت باختصار فحوى بحث آينشتين ، ولنختتم هذا الفصل بالنظر لما بعد عام ١٩٠٥ •

لم يستقبل الفيزيائيون فكرة آينشتين بترحاب ، بل على العكس • فقد توصل بلانك وغيره من كبار الفيزيائيين بسهولة لاعتراضات هامة على مفهوم كوانتا الضوء ، ولحسن الحظ كان لدى آينشتين المزيد من أفكار ميكانيكا الكم • ولقيت نظرياته عن الحرارة الداخلية كطاقة حركية للجزيئات المتصادمة من الغازات والذبذبات الداخلية للمواد الصلبة ، نجاحا كبيرا • ولكنها واجهت ، حتى فيما قبل عام ١٩٠٠ ، مصاعب جمة كادت تودى بها • وأنقذها آينشتين فى عام ١٩٠٧ ، وأعلن أنه واثق من صحة فكرة بلانك وأنه يجب تطبيقها على كل أنواع الذبذبات الداخلية بلا استثناء • وبين كيف لميكانيكا الكم أن تقدم الحل لهذه المصاعب • وأزال ، بشكل خاص ، التناقضات التجريبية المرتبطة بحرارة الذبذبات الداخلية للمواد الصلبة ، واستنبط علاقات متشابكة تأكدت تجريبيا ومعمليا فيما بعد • وكنتيجة لأبحاث آينشتين فى الكوانتا بدأ الفيزيائيون فى الاعتداد بفكرة « بلانك » وبدءوا فى تطبيقها بنجاح جنبا الى جنب مع آينشتين • ولكن

«كوانتا» الضوء التى وضعها آينشتين لم تلق حماسا لديهم ، وحاول الاخصائيون اختبار معادلته الكهروضوئية ٠ لكن التجارب كانت صعبة ، وحتى أواخر عام ١٩١٣ لم تكن النتائج حاسمة ٠ فى ذلك العام قام بلانك ومجموعة متميزة من العلماء بكتابة تزكية هامة عن آينشتين ، ورغم أنهم تحدثوا عن انجازاته بعبارات فخمة ، الا أنهم كانوا آسفين لفكرته عن كوانتا الضوء ٠

أما الأمريكي روبرت ميليكان Robert Milikan ، وبعد أن استطاع قياس الشحنة الكهربية للالكترون ، فقد كان يبحث عن مجالات جديدة يرتادها ٠ وبحكم طبيعته كان يبحث عن مشكلة صعبة ٠ وقرر البحث فى التأثيرات الكهروضوئية ، وأنفق سنوات عشرا فى العمل فى هذه المهمة رغبة منه فى اثبات أن نظرية آينشتين غير المعقولة لا تتفق مع التجارب ٠ ولكنه لدهشته البالغة توصل الى توافق بديع ٠ غير أنه عندما نشر النتائج النهائية فى عام ١٩١٦ ظل غير قادر على قبول الفكرة الثورية لكوانتا الضوء ٠ على أنه كان من الواضح ضرورة أخذ نظرية كوانتا الضوء فى الاعتبار ، رغم ما تثيره من مشاكل غير عادية ٠ ان نظرة آينشتين القابع فى مكتب الابتكارات عام ١٩٠٥ كان لها من وضوح الرؤية ما فاق بها كل معاصريه ٠ وهو قد أعطى جزىء الضوء اسم «الفوتون» ٠ ولكن ذلك لم يحدث الا بعد بضعة وعشرين عاما من ظهور الفكرة ٠ وقد حصل ميليكان على جائزة نوبل فى عام ١٩٢٨ ٠ وعندما حصل عليها آينشتين فى عام ١٩٢١ كان عمله الوحيد الذى نص عليه صراحة فى الاعلان هو اكتشافه لقانون التأثيرات الكهروضوئية ٠

مفارقة أخيرة • لقـد اكتشـف هنريش هيرتز التأثير الكهروضوئى خـلال نفس التجـارب التى أكدت توقعـات ماكسويل ، وأدت الى قيام هيرتز بتأكيد نظرية المـوجات فى الضـــوء •



الفصـل الخـامس

ضجيج حـول الذرة

« لن أحصل على الدكتوراه أبدا ... لقد مللت هـذه الكوميديا » . كانت تلك كلمات آينشتين لبيسو عام ١٩٠٣، وهى تقفز للذاكرة حين نتحدث عن عام ١٩٠٥ .

من بين الأبحاث الأربعة التى ذكرها آينشتين لهابيشت، فان الثانية هى أقلها أهمية . ويبدو أنه أتمها بعد الأولى بأقل من شهر واحد ، ثم أرسلها لجامعة زيورخ كمشروع أطروحة لنيل الدكتوراه ، وقد رفضها البروفيسور كلاينر بحجة أنها موجزة أكثر مما ينبغى ، وهو نفسه الذى سبق أن رفض أطروحة آينشتين الأولى التى قدمها عام ١٩٠١ . وعلى الفور أعاد آينشتين تقديمها باضافة جملة واحدة ، فقبلت ، وعليه حصل على الدكتوراة فى ظل ظروف أدت الى أن يظل أمينـا لروح كلماته المريرة لبيسو . ولدينا ما يحمل على الاعتقاد بأنه فكر فى الاقتراض من بيسو لطباعة الأطروحة . وتظهر الكلمات التالية بعد الغلاف الرسمى الذى يحمـل عنـوان الرسالة : « مهداة الى صديقى الدكتور مارسيل جروسمان» . وللأسف ! ، فان هذا الرمز للعرفان تعرض للحذف عند طبع الرسالة عام ١٩٠٦ فى مجلة « حوليات الفيزياء » .

وآتت فكرة هذا البحث آينشتين وهو يشرب الشاى ٠ نحن نعلم أننا اذا وضعنا قطعة من السكر فى الماء ، فانها تذوب وتتلاشى فيه ليصبح الشاى أكثر لزوجة ٠ لكن من الصعب أن نحدس ما استطاع آينشتين أن يستنبطه من ذلك ٠ ولننظر ما الذى استطاعت عبقريته استخلاصه من ذلك الماء المحلى ٠

كعادته ، اتجه نحو الأساسيات ٠ باعتبار أن الماء أحد الموائع اللاهيكلية ، وأن جزيئات السكر هى كرات صغيرة صلبة ، من هذا المثال البسيط استطاع اجراء حسابات لم تكن ممكنة من قبل ، وبعد جهد كبير توصل الى معادلات تبين كيف تتلاشى الكرات ، وكيف أن وجودها يرفع من اللزوجة ٠

وهنا تأتى المفاجأة ، بتطبيق النظرية أوجد آينشتين معدلات التلاشى واللزوجة الفعلية للسوائل فى الماء والسكر ، وأدخل هذه الأرقام فى معادلاته ٠ فماذا كانت النتيجة ؟ من ناحية توصل الى ما وعد به فى عنوان الرسالة « تحديد جديد لأحجام الجزيئات » وفى حالة السكر كانت حوالى عشرين من المليون من البوصة ، وهو ما كان بالنظر للظروف التى أجرى فيها البحث ، دقيقا بدرجة كبيرة ٠

ولم يكن هذا كل شىء ، فقد قدر ما يسمى « عدد أفوجادرو Avogadro's number » ، وهو عدد جزيئات أى غاز فى حجم معين تحت ظروف قياسية محددة ٠

وليس لنا أن نتصور أن آينشتين أول من توصل لهذه القيمة ، فقد كانت هناك بالفعل بعض التقديرات البارعة ، مبنية على سبيل المثال على خواص الغازات ، ولكن لم يكن من بينها حتى حينه ما هو مبنى على خواص السوائل والمحاليل ٠

ولعدد أفوجادرو أهمية خاصة حيث يمكن عنـد معرفته التوصل مباشرة لمعلومات مثـل كتلة الذرة ، وكان أول من أوجد قيمة موثوقا فيها لهذا الرقم الهام هو «ماكس بلانك»، وقد وجدها فى موضع غـير متـوقع ، فى قياسـات اشعاع الأجسام السوداء . فقد توصل لها فى بحثـه عن « نظـرية الكم» . وهو انجاز اعتبره كل من بلانك وآينشتين انجازا أساسيا .

ولكن ، كيف يمكن ايجاد قيمة كهذه من توهج الأجسام السوداء ؟ .. لا علاقة بين الموضوعين بالمرة .

من الصعب أن نصف مدى تداخل الفروع المختلفة للعلوم . ولنأخذ على سبيل المثـال معـادلة بولتزمان الاحتماليـة عن الأنتروبيا . فلأنه قد بناها عـلى أسـاس النظرية الجزيئية للغازات ، فهى تحوى رقما هاما يسمى « ثابت الغاز » وهـو يظهر عند حسـاب كل صـور الأنتروبيا ، سواء للغـازات أو غيرها .

علينا أن نكتفى بهذه العجالة ، لكى نسرع الخطو لملاحقة اكتشافات آينشتين . ففى أقل من شهر واحد من تسليم ورقة (السكر) ، أرسل بحثه الثالث الى ذات المجلة ، وهـو بحث شهير بحق .

تتحدث شقيقته « مايا » عن أيام خوال ، لتحـكي عن سعادة آينشتين الصغير عندما يدخن غليونا طويلا أهداه له والده . وتكتب أنه كان يحب مشاهدة سحب الدخان بأشكالها العجيبة ، ويدرس حركة جزيئات الدخان والعلاقة بينها .

ويبدو أن ذلك ما ألهم آينشتين البحث الثالث . ولننظر للخط العام للمسألة ، والخلاصة المفاجئة . للمرة الثانيـة

يدرس فكرة الكرات الصغيرة الصلبة فى السوائل • ولكن السائل هذه المرة له هيكل جزيئى ، والكرات ضخمة نسبيا ، فى حجم الجسيمات الدقيقة للدخان ، مما يمكن رؤيته تحت الميكروسكوب •

وطبقا للنظرية ، فان الحرارة الداخلية هى طاقة الحركة، وتكون جسيمات السائل فى حالة من الهياج التصادمى • وفى أبحاثه السابقة أعاد آينشتين احدى نتائج بولتزمان : تؤدى حالة التصادم فى خليط من المواد الى طاقة هياجية ، وفى المتوسط تتوزع هذه الطاقة على الجزيئات بالتساوى بصرف النظر عن كتلاتها •

لم يقتصر الأمر على الجسيمات ؟ ففيما يتعلق باقتسام الطاقة اعتبر آينشتين أن الجزىء والجسيم متشابهان ، رغم أنهما بالطبع مختلفان ، فنحن نعلم مثلا أن كرة البيلياردو لا تتحرك بنفس سرعة كرة البنج بونج حتى تحصل على نفس طاقتها الحركية ، وبالمثل ، فان الجسيم ستكون سرعته أدنى بكثير من سرعة الجزىء لنفس طاقة الحركة • ولكن حركة الجسيمات أبعد ما تكون عن البساطة • خذ مثلا جسيما فى حالة سكون ، محاطا بالجسيمات الأخرى من كل الجوانب • فلنا أن نتوقع أنه بسبب أن التصادمات متساوية حوله من كل الجهات ، فانها بذلك تكون فى حالة السكون تلك • ولكننا بذلك نتجاهل القوانين الاحتمالية ، وقد بين آينشتين أنه بسبب هذه الاحتمالات ، فان حركة السكون المشار اليها لا تكون خالصة ، بل تكون على هيئة تذبذب عشوائى يمكن رؤيته تحت المجهر •

وبسبب نقص البيانات ، لم يكن آينشتين متأكدا من أن هذه الحركة التى تنبأ بها هى نفسها ما يسمى « الحركة

البراونيـــة » التى كان أول من لاحظهـا عالم النبـــاتات الاســكتلندي روبرت براون ، ونســبت له ، عام ١٨٢٨ ٠ ولكنه كان متأكدا أنه اذا ما صدقت النظرية الجزيئية للطاقة الحرارية ، فان مثل هذه الحركة لابد لها من أن تحدث ٠ ولم يكن يعرف أن عالم الطبيعة الفرنسى م ٠ جوى M. Gouy قد توصل عام ١٨٨٨ الى أن الحركة البراونية هى بالفعـل شكل من أشكال الحــرارة ، ولا أن عالم الطبيعة البولنــدى ماريان فون سمولوكوفســكى Marian von Smoluchowski ، توصل الى نفس النتيجة أيضا عام ١٩٠٦ ٠

وتعيق الحركة العشوائية تلك قياس سرعات الجسيمات بطريقة مباشرة ، فهل من وسيلة لوضع النظرية تحت اختبار كمى دقيق ؟ توصل آينشتين الى طريقة مبتكرة ، فقد بين أنه بعد مدة تتحول هذه الحركة الى حركة نزوح بكميات مختلفة ، وأن عملية النزوح هذه هى فى الأســاس عمليــة الذوبان والتلاشى التى درسها فى حالة الســكر والمــاء ٠ وبمقارنة النتائج استطاع ايجاد المعادلة التى يبحث عنها ، وبواسطتها أمكن قياس قيمة متوسط النزوح ، وهو مرتبط بمعــدلات التلاشى وكذلك بنظرية الجزيئات ٠

ولكن كفانا من التفاصيل ، لنقفز للنقطة الهــامة ، اذا كانت النظرية صحيحة ، فان الحركة الاضطرابية للجسيمات تعتبر حرارة ، وعليه يجب أن تنطبق عليها قوانين الحــرارة التى تحكم الحركة العشوائية للجزيئات ، أى أنها ستعرض نظرية الجزيئات عن الحرارة بمقياس يعطى فى الواقع دليلا مرئيا على الافتراضات الجزيئية نفسها ٠ ولم تثبت التجارب اللاحقة صحة معادلة آينشتين فقط ، بل من خلال ذلك أظهرت

أن كمية هامة تحكم الحركة البراونية لها نفس القيمة العددية لمثيلتها فى النظرية الجزيئية للغازات ٠

كان لذلك أهمية خاصة ، ولذا لنترك آينشتين يبين السبب من خلال « ملاحظات السيرة الذاتية » :

« كان هدفى الرئيسى ٠٠٠ هو ايجاد حقائق تؤكد بقدر الامكان وجود الذرات ذات الحجم الدقيق المحدد ٠٠٠ وقد أدى التأكيد المعملى للقانون الاحصائى للحركة البراونية ، مرتبطا بتحديد بلانك للحجم الحقيقى للجزيئات من قانون الاشعاع الى اقناع المتشككين ، وكانوا كثيرين فى ذلك الوقت ، (أوستفالد وماخ) بحقيقة الذرة » ٠

وبذلك نصل الى ذروة الأحداث ، فبقبول فكرة الذرة ، ننهى فصلنا ٠ وما يلى هو مجرد تذييل : فماخ هو عالم الطبيعة النمساوى الذى كانت لآرائه فى مواضيع علمية أخرى تأثير بالغ على آينشتين ، فماذا عن المتشكك الثانى ؟ انه ويلهلم آوستفالد ، عالم الطبيعة والكيمياء الألمانى ، الذى كتب له والد آينشتين عام ١٩٠١ بلا جدوى ، ومن الأخبار السعيدة أن نسجل أنهما قد أصبحا صديقين يحمل كل واحد للآخر كل تقدير ٠



الفصـــل الســـادس

أوقات أفضــــل

فى المجلة العلمية « حوليات الفيزياء » عام ١٩٠٥ نجد عنوانا شهيرا «حول الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة» ، وهو أيضا عنوان الورقة الأخـيرة من الأوراق الأربع التى ذكـرها آينشتين فى خطابه لهابيشت ، ومعها نصـل أخيرا الى النسبية ٠

وقد ذكر أيضا فى خطابه أنها مجرد مسودة ، ولا عجب فى ذلك ، فالأحداث كانت متـلاحقة بسرعة مذهلة ، فقـد وصـل البحث الأخير للمجلة بعد خمسة عشر أسـبوعا فقط من الورقة « الثورية جدا » عن الطاقة الكمية للضوء ، وفيما بينهما أتم آينشتين أطروحة الدكتوراه وبحثه عن الحركة البراونية ، وكل ذلك أثناء عمله لـوقت كامـل فى مكتب براءات الاختراعات ٠ فلا عجب أنه شـعر بالاجهـاد عنـد انتهائه من بحث النسبية ٠

أين أنا ؟ وكيف أتحرك ؟ هـذه الأسئلة هى جـذور النسبية ٠ وهى تحمل الكثير من المفـاجآت ٠ ولنتخيل تأثير هذه الأسئلة على مشاعر الرجل البدائى حتى فى أحـلامه : كوابيس عن ضياعه فى غابة وهروبه فى ذعر على غير هدى

من آخطار غير منظورة ، ثم الارتياح عند الاستيقاظ ليجد نفسه داخل كهفه ، وقد وجد اجابة عن تلك الأسئلة ·

ولكن الاجابة مبسطة بصورة مبالغ فيها · فماذا عن البشر الأكثر تحضرا ، والذين اعتقدوا فى كون فيه الأرض ثابتة ، تدور حولها كافة الأمور ، المادية منها والروحية ؟ لقد وجدوا هم أيضا اجابة مغالى فى تبسيطها · فقد نادى كل من كوبرنيكس وكبلر وجاليليو بأفكار منحرفة ، عن الأرض المتحركة ، ومن ثم فقد انبرى لهم رجال الكنيسة لقمع هذا التجديف ، ذلك أن الأرض المتحركة يهبط بقدرها الى مجرد كوكب منزو فى أرجاء الكون ، فأين المأمن اذن ؟ أين ذلك الكهف الآمن ؟ وكيف تكون الحركة ؟

لقد اعتقد البشر ولفترة طويلة ، ومن بينهم المبجلان أفلاطون وأرسطو ، أن السماوات تخضع لقوانين مختلفة عن تلك التى تسود الأرض ، ولهم فى ذلك أسباب وجيهة ، فالأجرام السماوية تتحرك بانتظام ، بينما الأجسام فوق الأرض مآلها السقوط ·

ولكن فى عام ١٦٨٧ أتم نيوتن كتابه « Principia » ، ومعناه « المبادىء » ، أعظم الكتب العلمية فى التاريخ ، وفيه ربط بين السماوات والأرض فى تكامل رائع ، التفاحة والقمر ، فكل الأشياء الأخرى فى العالم المادى تخضع لنفس القوانين البسيطة فى مسارها المحدد كجزء من آلة كونية هائلة ·

كانت قوانين نيوتن موجزة وقليلة بشكل مدهش : ثلاثة قوانين للحركة ، وقانون للتجاذب بين الأجسام · وخلال هذه القوانين تعرض للحركة والسكون ، الحركة والسكون بالنسبة لماذا ؟ بالتأكيد ليس بالنسبة للأرض المتحركة ، فقد

كان يضع قوانين للكون بأسره ، وليس للأرض فقط ، وقد أدرك بعبقريته أن القوانين التى تحكم الكون ، يجب أن تكون لها ملامح كونية ٠

لقد تصور بجرأة فراغا مطلقا بلا حدود ولا خصائص ، وأعلن أنه غير قابل للحركة ، وتحدث عنه فيما بعد بأنه نابع من الله السرمدى ٠ وأوجد أيضا فكرة الوقت المطلق ، وقال انه يسرى بشكل منتظم ، وانه أيضا نابع من الوجود الالهى ٠ وبفرض وجود الفراغ المطلق ، أمكن الحديث كونيا عن الثبات والحركة المطلقين ، وبفرض وجود الوقت المطلق، أمكن بيان هل الحركة منتظمة أم لا ٠ ومن الاثنين أمكن الرد على السؤال الكونى ، أين أنا ؟ وكيف أتحرك ؟

واذا فكرنا مليا ، يمكن بسهولة أن نرى أن هـذا نوع من الهراء ٠ هل الفراغ المطلق الخالى من الخصائص يمـكن اعتباره مقياسا قياسيا ، يحدد به الموضع والحركة ؟ أليست السـاعة الخاصـة بنظام ما ، حتى وان كانت غير دقيقة ، تضبط الوقت لنظامها الخاص ؟ وكيف لا يكون سريان الوقت المطلق صحيحا بصفة مطلقة اذا لم يكن لدينا سواه كمقياس لمقارنة سريانه ؟

لا بأس ، فأساسيات العلم دائما تكون متـاهات ٠ ولم يكن نيوتن بالرجل الساذج ، فقـد كان مدركا تمـاما لمـا يفعله ، وكان عليه أن يبدأ من نقطة ما ، وكانت قدرته عـلى افتراضه للوقت والفراغ المطلقين عملا عبقريا فذا ٠ صحيح أن عمله تعرض لنقد عنيف وفورى من القس والفيلسوف الأيرلندى جورج بركلى George Berkeley ، والفيلسوف الألمانى عالم الرياضيات جوتفريد ليبنز Gottfried Leibniz الا آن النجاح

هو أبلغ حجة كما يقال • ومن ثم فقد تلاشت تلك الانتقادات وسادت عقيدة الوقت والفراغ المطلقين بسبب الشهرة العلمية الذائعة لنيوتن ، حتى انهما أخذا صفة البدهيات العلمية • وبعد قرنين من الزمان ، أى فى القرن التاسع عشر تعرضت للنقد مرة أخرى من ماخ ، ولكنها أيضا لم تسقط ، فقد كان نيوتن أستاذا فى البناء ، وقد بنى نظامه الميكانيكى ليدوم ويبقى •

ومن بين الاستنباطات العديدة المستمدة من قوانينه التى أوردها مؤلفه العظيم ، نورد فيما يلى الخامس منها :

« حركة الأجسام داخل مركبة هى ذاتها سواء أكانت المركبة فى حالة السكون أم الحركة بسرعة منتظمة ، أى بسرعة ثابتة فى خط مستقيم » •

ويعنى ذلك ، وهو ما يتفق مع تجاربنا فى الحياة ، أنه داخل مركبة تسير بسرعة منتظمة ، لا تأثير لتلك الحركة على حركة الأجسام داخلها ، بمعنى أننا فى الحركة المنتظمة لا نستطيع تحديد حالتنا من حيث السكون أو التحرك •

وليس هناك من يعارض أنه فى حالة سيارة متحركة ، فان المناظر الخارجية المتحركة وتيار الهواء يكشفان عن حركة السيارة ، حتى ولو كانت منتظمة • ولكن نيوتن هنا يتحدث كونيا عن الثبات المطلق والحركة المطلقة بالنسبة لفراغ مطلق بلا خصائص • فلنتخيل أنفسنا فى مركبة مجهزة علميا تتحرك بسرعة منتظمة فى مكان ما من الفراغ المطلق ، وعلينا أن نجيب على التساؤل : « كيف نتحرك ؟ »

أول ما يتبادر الى الذهن هو أن نراقب العلامات على الطريق ، مثل القمر والنجوم • ولكن ما فائدتها لنا ؟ انها

مثل المناظر المتتابعة والتيار الهوائى المندفع ، تعطينا الحركة النسبية فقط(٢)، والفكرة المثالية هى القيام بتجارب طبقا لقوانين الميكانيكا داخل السيارة ذاتها ، لقياس حركتها المطلقة • هنا يبدو مدلول الاستنباط الخامس لنيوتن ، والذى يقول اننا نضيع وقتنا هباء ، وأن التجربة مكتوب عليها الفشل ، وكل ما يمكن الكشف عنه هو الانحراف عن الحركة المنتظمة(٣)؛ ولكن الحركة المنتظمة المطلقة لا يمكن قياسها بطرق فيزيقية •

وعليه فان التجربة والمبدأ لا يتفقان فى نظرية نيوتن ، ففى الواقع العملى لا يمكن أن يكون الثبات والحركة المنتظمة مطلقين ، وهذا ما أعلنته قوانين نيوتن نفسها ، ومع ذلك فقد وضعها فى فراغ وزمن مطلقين •

دعنا لا نتوقف لنرى كيف تعامل نيوتن مع هذا الموقف المحير • ولكنه برفض نظرية جسيمات الضوء لنيوتن ، والنظر اليه كموجات ، تغير الموقف ، ذلك لأنه اذا كان الضوء ينتشر فى موجات ، فان الكون كله لابد وأن يكون مملوءا بشىء ، أطلق عليه الأثير ، تسرى خلاله تلك الموجات ، ويتحرك بحرية مطلقة خلال المادة • وفيما عدا ما يحمله من تموجات ضوئية ، فهذا الأثير يمكن اعتباره فى حالة ثبات مطلق • ويعنى ذلك أنه بالرغم من الاستنتاج الخامس لنيوتن ــ والذى يطبق على الآلات الميكانيكية ــ فانه باجراء تجارب ضوئية يمكن قياس الحركة بالنسبة للأثير ، ويمكن اعتبارها بالتالى حركة مطلقة •

---

(٢) لأنها هى ذاتها متحركة ــ (المراجع) •

(٣) بانحراف المركبة عن الخط المستقيم ، أو بالتغير فى سرعتها ــ (المراجع) •

وبالفعل نشط رجال التجارب لقياس الحركة المطلقة للأرض منذ عام ١٨١٨ ، أو بمعنى أدق ، حركتها النسبية بالنسبة للأثير ، باستخدام الضوء • ولكن النتائج كانت غير متوقعة بالمرة ، فلم تظهر التجارب المبكرة أى أثر لمثل هذه الحركة ، أو لتيار الأثير •

وقام فرزنل بمحاولة ليعادل من أثر هذه النتائج السلبية ، بافتراض عبقرى مفاده أن بعضا من الأثير يظل مختزنا فى المادة ، مع تدفق البعض الآخر بحرية خلالها • ولكن هذه الفرضية تضمنت تناقضا صارخا ، اذ يتطلب كل لون مقدارا مختلفا من الأثير المحتبس ، وهو ما يجافى المنطق • ولكنه لا ينقص من عبقرية فرزنل ، بل على العكس يؤكدها • لأنه كما تبين فيما بعد ، لقد كان يتلمس طريقه بالحدس نحو شيء ينتمى للنظرية النسبية ، وخارج النموذج النيوتونى •

نتحدث الآن عن المنظر الهولندى البارز ، هندريك أنطون لورينتز Hendrik Antoon Lorentz الحاصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٢ ، والذى أدخل فى أواخر القرن الماضى تحسينات هامة عن النظرية الالكترومغناطيسية لماكسويل ، ومن خلال ذلك توصل الى معادلة فرزنل بلا تناقض داخلى ، ومع أثير ثابت بصورة مطلقة ، عدا ما يتخلله من تموجات كهرومغناطيسية •

وكان كل شيء مهيئا ليكون على ما يرام ، لو لم يقترح ماكسويل فى العام الأخير من حياته ، طريقة جديدة لقياس حركة الأرض خلال الأثير بوسائل ضوئية • وكان تنفيذها يتطلب دقة تفوق ما كان متاحا آنذاك ، ولكنها نظريا كانت

متفوقة على معادلة فرزنل ، والتى على أساسها تفشل كل الوسائل الضوئية الأقل دقة ٠

ولكن ماكسويل كان متشائما ، اذ لم يتوقع البراعة التجريبية لعالم الطبيعة الأمريكى الألمانى ألبرت ميكلسون Albert Michelson ، والذى حصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٧ ، فهو قد استطاع باستخدام بارع لظاهرة التداخل الموجى أن يجعل التجربة ممكنة فى عام ١٨٨١ ، ثم أعادها بعد ذلك مع زميله مورلى E. W. Morley بدقة أكبر عام ١٨٨٧ ٠

وتجربة ميكلسون ــ مورلى مشهورة تماما ، ولا تحتاج لشرح مفصل فى هذا المقام ٠ وهى تبحث عن تأثير حركة الأرض على سرعة الضوء ٠ فاذا ما تحركت الأرض خلال الأثير الساكن ، وتدفقت رياح الأثير خلال المختبر ، وأرسل شعاع من الضوء فى اتجاه تدفق الأثير وسقط على مرآة ثم ارتد متحركا ضد حركة الأثير ، فان الحسابات تبين أن الفرق بين زمن رحلة الذهاب يزيد قليلا عن زمن العودة ٠ ومن ذلك يمكن قياس سرعة الأرض خلال الأثير ٠ ورغم التحسن المطرد فى دقة التجربة ، فان ميكلسون خاب أمله فى اكتشاف الفرق ، ولذلك اعتبرها تجربة فاشلة ، وتحدث عنها بأسف عام ١٩٠٢ ٠

وباعتبارها محاولة لقياس الحركة المطلقة للأرض فقد كان الفشل هو المصير المؤكد لها ، ولكن فى فشلها هذا يكمن نجاحها الأكبر ٠ وهذا ما أدركه القلائل القادرون على فهم مضمون نتيجتها ٠ لقد افترض ميكلسون أن النتيجة تعنى أن الأرض تحمل أثيرها المحلى بالكامل معها ٠ وقد برز العديد من الأسباب النظرية والعملية التى تنفى ذلك الفرض ٠

وظلت المشكلة مواجهة للعلماء ، اذا كان الأثير موجـودا ، فلماذا لا يظهر أثره ؟

وقد توصل العالم الايرلندى فيتزجيرالد G. F. FitzGerald وفيما بعد بشكل مستقل لورينتز ، لتفسير ذلك ، بأن الأشياء تنقبض فى اتجاه حركتها خلال الأثير بالمقدار اللازم لمعادلة النتيجة السالبة للتجربة • وكلما زادت السرعة خلال الأثير ، زاد مقدار الانقباض المطلوب •

ولم يلق هذا التفسير التعسفى حماسا كبيرا لدى الكثير من العلماء ، ولم يكن عالم الرياضـيات الفرنسى الـكبير ، والمنظر وفيلسوف العلم ، هنرى بوانكريه Henri Poincarè راضيا عن هذا الوضع ، فقد اعترض عـلى هـــذه الطرائق التلفيقية فى التفسير ، تفســير فرزنل بالأثير المحتبس ، ثم تفسير فيتزجيرالد ولورنتز بالانقباض للأبعـاد ، فماذا لـو أظهرت التجارب الأكثر دقة مزيدا من النتائج غير المتوقعة ؟ هل نستمر فى اضافة افتراضات أخرى توضـع خصيصـا لمواجهة الموقف الجديد ؟ وقام لورينتز ، مدفوعا بانتقادات بوانكريه ، بمحاولة للتوفيق بين معادلات ماكسويل والنتائج غير المتوقعة لتجربة ميكلسون ـ مورلى ، وأيضـا التجـارب الأخرى التى أجريت ولم تكن متصورة بعد • وفى عام ١٩٠٤ تمكن ، وبعد جهد كبير، من حل المعضلة الرياضية • ولا تعنينا التفاصيل كثيرا هنا • لقد كانت المشكلة هى الحفاظ عـلى معادلات ماكسويل بلا تغيير عند التحول من مركبة سـاكنة فى الأثير الى أخرى متحركة بسرعة منتظمـة بالنسبة له • ولتحقيق ذلك اسـتخدم لورينتز ، من بين أشياء أخـرى ، الأطوال المنكمشة • ولكنه لم ينجح تماما فى الحفاظ عـلى معادلات ماكسويل ، فقد ظل عمله مشوبا بشائبة صغيرة •

في نفس الوقت تقدم بوانكريه بملاحظات نفاذة • فعلى سبيل المثال ، في عام ١٨٩٥ ، في نفس الوقت الذى كان فيه آينشتين ذو الستة عشر ربيعا يتساءل عن الشكل الذى تكون فيه الموجة الضوئية اذا ما تحركنا معها بنفس السرعة ، تحدث بوانكريه في شيء من التردد ، ومنذ ١٨٩٩ بثقة أكبر ، عما أسماه « مبادىء النسبية » • وقد قال نفس ما قاله الاستنباط الخامس لنيوتن : لا يمكن تحديد الثبات المطلق أو الحركة المنتظمة • وقد أدرك بوانكريه بدقة تنبئية مدهشة ، ومن خلال مفردات نظرية ماكسويل ، أن قوانين نيوتن لابد وأن تتغير بشكل جذرى • وبالفعل ، يجد المرء توقعات مدهشة لأفكار ونتائج النظرية النسبية ، متفرقة في كتابات بوانكريه •

وفي يونيو من عام ١٩٠٥ ، متزامنا مع آينشتين ، أرسل بوانكريه ورقتين لمجلات علمية كل منهما بعنوان « حول ديناميكية الالكترون » ، اعتمد فيهما تماما على بحث لورنتز عام ١٩٠٤ ، وكانت الورقة الأولى مذكرة قصيرة أزالت ما علق بعمله من شائبة ، والثانية تحتوى على تفاصيل رياضية لما قام به • ولم يكن آينشتين يعلم بالطبع بأبحاث بوانكريه التى لم تنشر بعد ، كما لم يكن على علم بأعمال لورنتز عام ١٩٠٤ • وبالفعل ، كانت طريقة آينشتين مختلفة تماما ، بالاضافة الى أنه حقق تحويل معادلات ماكسويل دونما أية شائبة •

يمكن أن نجد كل المعادلات الرياضية الأساسية لبحث عام ١٩٠٥ لآينشتين عن النسبية في ورقة لورنتز لعام ١٩٠٤ ، وفي ورقتى بوانكريه ، وكلتاهما تحمل تاريخ ١٩٠٥ ، رغم أن احداهما ، وهى الأكثر أهمية ، لم تظهر

الا فى عام ١٩٠٦ • وهذا التماثل بين هذه الأعمال أمر ليس مستغربا ، فالنسبية مرتبطة بشكل وثيق بمعادلات ماكسويل ورياضيات انتشار الموجات • ولقد توصل عالم الطبيعة الأيرلندى المولد جوزيف لارمور Joseph Lamor عام ١٨٩٨ الى التحويل الرياضى الذى هو أساس النسبية ، وهى المعادلة التى أسماها بوانكريه « تحويل لورنتز » ، وقد توصل اليها بناء على معادلات ماكسويل ، كما توصل أيضا الى تحول مماثل العالم الألمانى فولدمار فويجت Woldemar Voigt فى دراسة عن حركة الموجات عام ١٨٨٧ •

وللأسف ! فلابد أن نورد هذه التفاصيل ، لأن التماثلات الرياضية قد أدت ببعض الناس للاعتقاد بأن اسهام آينشتين كان هامشيا ، وهو ليس صحيحا بالتأكيد • ولكن من العدل أن نضيف بأن المرء يجد ضمن كتابات بوانكريه الكثير من الأفكار ، وعند التعمق فيها يدهش المرء من اخفاقه فى اتخاذ الخطوة الهامة التى تؤدى به الى التوصل للنظرية النسبية التى كان قريبا منها للغاية •

بعد هذه المقدمة الطويلة نقبل على بحث آينشتين « حول الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة » • والتركيز هنا أمر مطلوب للغاية ، كما أنه لن يكون بلا عائد مجز •

متأثرا بالحقائق الصارمة التى تأبى وجود آلات تتحرك الى مالا نهاية ، تطلع آينشتين لمبدأ مقارن لهذه الاستحالة • ولكن المفتاح الحقيقى لنظرية النسبية جاء بشكل غير متوقع • فبعد سنوات من الحيرة ، استيقظ ذات يوم ، وجلس فى سريره ، وقد اكتملت الصورة فجأة فى ذهنه • لقد اتخذت الحلقة الأخيرة من اللغز مكانها بشكل طبيعى ، أعطته الثقة • ولكنه أيضا كان واثقا فى عمله

الرائد حول كوانتا الضوء ومفرداتها غير المتوقعة فيما كان يبدو لغزا محيرا ، ومع ذلك فقد أثار ما أثار من ضجة ٠

لابد وأنه أدرك أنه يكتب لكل العصور ، ولكن يبدو أنه كان يدون حساباته على قصاصات من الورق ، يتخلص منها بعد أن يرسلها للمجلة العلمية ، أو قد يستخدمها لحسابات أخرى على الوجه الخلفى لها ٠ ولهذا فان الأصول لأعماله لم تعد موجودة ، ولكنها طبيعة الرجل ٠

نتعرض الآن لمحتويات الورقة التى كتبها عام ١٩٠٥م حول ما أصبح يطلق عليه فيما بعد « النظرية النسبية الخاصة » ٠ ونلحظ أولا أن آينشتين لم يذكر بشكل خاص تجربة ميكلسون ـ مورلى ، فلم يكن محتاجا اليها فى قضيته ، والأكثر من ذلك أنه يتجاهل اقتراحه الوارد فى الورقة المعدة قبل أسابيع فقط بأن الضوء يتكون بشكل ما من « وحدات من الكوانتا » ٠

يبدأ البحث بملاحظة التعارض المتعلق بلب المسألة فى تمييز نظرية ماكسويل بصورة تعسفية بين الثبات والحركة ٠ ويورد آينشتين مثالا : عندما يمر مغناطيس وحلقة بجوار بعضهما البعض يسرى تيار كهربى فى الحلقة ٠ فاذا كانت الحلقة هى المتحركة والمغناطيس ساكن ، تقدم النظرية تفسيرا ممتازا ، واذا ما كان العكس ، تقدم أيضا تفسيرا ممتازا ، ولكن على أساس فيزيقى مختلف ، رغم أن التيارات المحسوبة هى نفسها ٠

وباثارة الشكوك حول الثبات والحركة عند ماكسويل، عززها آينشتين باعلانه « فشل المحاولات لاكتشاف أية حركة للأرض بالنسبة للأثير»، ولذا فقد وضع بديهية «الاستحالة»،

والتى تنص على استحالة اجراء تجربة من أى نوع يمكن بها استشعار الثبات المطلق أو الحركة المنتظمة ، وأن الفرضية الخامسة لنيوتن سارية لكل مجالات الفيزياء ، فكل الظواهر تبين أن هذه الفرضية ، والتى يسميها آينشتين « مبدأ النسبية » مقنع تماما . ويسارع باضافة مبدأ ثان ، أهم ما يميزه أنه بدوره مقنع تماما ، وبهذين المبدأين المتواضعين يمهد المسرح لانقلاب ثورى .

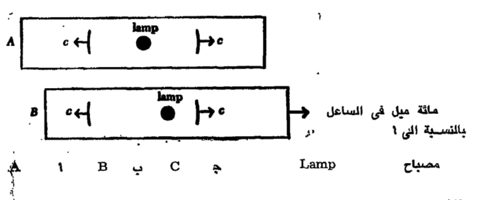
ينص المبدأ الثانى على أن الضوء ينتقل فى الفراغ الخالى بسرعة محددة «حـ» ، لا تعتمد على سرعة مصدره . قد يبدو هذا القول غريبا ، ذلك لأنه اذا نظرنا الى الضوء باعتباره مكونا من جسيمات، فمن الطبيعى أن نقول ان سرعاتها تعتمد على حركة مصدرها . ولكن من وجهة النظر الموجية للضوء ، فان هذا المبدأ يصبح تحصيل حاصل ، فبصرف النظر عن كيفية بدء الموجة ، فهى ما ان تنطلق حتى يحملها الأثير بالسرعة التى ينقلها بها الأثير . واذا كانت المسألة بهذا الوضوح ، فلم اعتبرها آينشتين مبدأ ؟ لأنه قال فى مقدمة البحث ان ادخال الأثير ليس ضروريا . أرأيت مثل هذه الجسارة ؟ فهو لم يكد ينتهى من الاتجاه فى بحثه (الثورى) الى آن الضوء مكون من جسيمات ، اذا به يؤسس مبدأه الثانى على الطبيعة الموجية للضوء ، ومع ذلك يعلن أن الأثير ليس ضروريا . ونجد فى كل هذا اشارة واضحة على صدق حدسه الفيزيائى .

ان لدينا مبدأين غاية فى البساطة ، كل منهما له وجاهته ، ويحمل بذلك صورة البراءة ، لاعتماده على ما هو واضح ، فما وجه الخطورة فى ذلك ؟ وأين التهديد بالانقلاب الثورى ؟ .

يقول آينشتين فى بحثه ان المبدأين متناقضان ظاهريا • متناقضان ؟ أين يكمن التناقض ؟ وظاهريا ؟ ما الذى يدور بخلده حقا ؟

انتبه جيدا ، فالأمر يستحق ؛ ولكننا نحذرك من البداية، فمـــع استرسالنا مع منطق آينشـــتين ، ســـنجد أنفسنا نهز رؤوسنا موافقين ، وشيئا فشيئا يغالبنـــا النعـــاس لفـــرط وضـــوح وبســـاطة ما نســـمع ، وحين لا نملك أنفســـنا من التثاؤب ، ستكون اللحظة الحاسمة قد حلت ، لأن جمال منطق آينشتين يكمن فى براءته الظاهرية •

لنتصور مركبتين متماثلتين ، مجهزتين تماما ، (أ)و(ب)، فى حـــركة منتظمة كالشـــكل المبين ، وأنهما موجودتان فى الفضاء بعيدا عن أى مؤثرات خارجية ، ولهما حركة نسبية منتظمة ، لنقل انها ١٠٠٠٠٠ ميل فى الثانية مثـــلا • وانه يوجـــد مصباح فى منتصف كل مركبة • وعنـــدما تتحـــاذى المركبتان تومض كل منهما للحظة ، مرسلة ومضتين لليمين واليسار • ويبين الشكل هذه الومضات والمركبتين فى لحظة تالية ، وللسهولة فقد رسمنا المركبة (أ) كما لو كانت فى حالة ثبات •



وهنا يبرز سؤال ، فوفقا للمبدأ الثانى لآينشتين ، فان سرعات الومضات الضوئية لا تعتمد على حركة مصدرها ، ولهذا فمن الأهمية بمكان أن تظل هذه الومضات متحاذية كما هو مبين • ويقوم قائد المركبة (أ) بقياس سرعاتها الى اليمين واليسار لايجاد القيمة (ح) لكليهما • بينما يقوم قائد المركبة (ب) بنفس الشيء داخل مركبته • لدينا الآن مركبة (ب) تتحرك بسرعة ١٠٠٠٠ ميل فى الثانية بالنسبة للمركبة (أ) ، بينما تظل الومضات متحاذية ، والسؤال الآن ، ما هى القيم التى سيحصل عليها (ب) بالنسبة لنفسه ؟ بسبب حركته بالنسبة لـ (أ) ، فاننا نتوقع أنه سيحصل على قيمة ح + ١٠٠٠٠ بالنسبة للومضة المتجهة يسارا و ح ـ ١٠٠٠٠ بالنسبة للمتحركة يمينا •

واذا كان الأمر كذلك ، فان ذلك يتعارض مع المبدأ الأول لآينشتين ، كيف يكون ذلك ؟ لأن قائدى المركبتين يقومان بتجارب داخلية متماثلة ، ولأنهما فى حركة منتظمة ، فلابد أن يحصلا على نفس النتائج ، وبالتالى يجب أن يجد أن الومضتين سرعتهما هى (ح) • وفى الواقع ، مهما حاول أن يزيد قائد المركبة (ب) من سرعته للحاق بالومضة المنبعثة من (أ) ، فانه سيجدها تتباعد عنه بنفس السرعة (ح) ، وتصبح محاولته أشبه بمحاولة الوصول للأفق ، كلما تحركت تجاهه زاد عنك ابتعادا ، وبنفس السرعة • فليس لجسم مادى أن يتحرك بأسرع من سرعة الضوء • وهذه النتيجة المذهلة كانت هى اجابة تساؤل آينشتين ذى الستة عشر ربيعا •

ولما كانت هذه النتيجة مذهلة ، فيمكن النظر اليها من زاوية أخرى ، ولو على الأقل لنقنع أنفسنا أنها تتفق مع

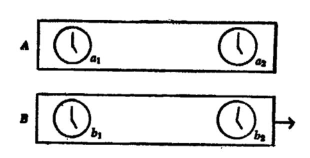
مبدأى آينشتين • لنفرض أن قائد (أ) قد وجد سرعتى الومضتين هى (حـ) ، وأن قائد (ب) وجدهما بالفعل حـ+١٠٠٠٠ و حـ ــ ١٠٠٠٠ ، هنا يحق للأول أن يستنتج أنه فى حالة سكون ، وللثانى أنه فى حالة حركة منتظمة ، وهذا يناقض مبدأ النسبية •

عندما يجد الفرد العادى نفسه أمام مبدأين متعارضين، فانه سرعان ما يحاول التخلى عن أحدهما ، ولكن آينشتين قد اختار مبدأيه بدقة ، لكونهما يمثلان لب الموضوع ، واستطاع بجرأته أن يحافظ عليهما • فكون كل منهما مقنعا تماما ، يعطى نظريته أرضا راسخة ، ولم يكن ليقيم بنيانه على رمال متحركة •

يمكن أن نفهم الآن لماذا وصف آينشتين المبدأين بأنهما متناقضان • ولكنه قال أيضا ان هذا التناقض ظاهرى ، بمعنى أنه سيقوم بالتوفيق بينهما ، فكيف ؟

هنا تأتى المرحلة الحرجة فى الجدل ••• ومن الواضح أن العلاج يجب أن يكون جذريا • ففى هذا الصباح التاريخى لمع ذلك الخاطر فى ذهنه ، وهو جالس على فراشه ، وهو أن علينا أن نتخلى عن احدى أفكارنا الراسخة عن الزمن •

ولتفهم فكرة آينشتين الثورية حول الزمن علينا أن نعود للمركبتين ، ونكلف قائديهما بمهمة جديدة • سوف نثبت أربع ساعات ، س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ فى المركبتين كما هو مبين فى الشكل • وللسهولة نفترض أن المركبات طولها ملايين الأميال ، ليكون الحساب بالدقائق بدلا من أجزاء الثوانى •

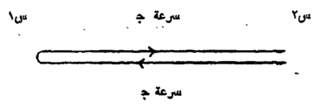


A ١ B ب a_1 س١ a2 س٢ b1 س٣ b2 س٤

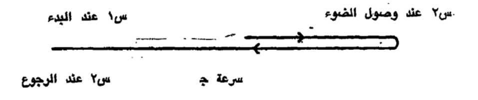
10,000 miles par second relative to A عشرة آلاف ميل بالنسبة الى ١

ويرسل قائد (آ) ومضة من س١ الى س٢ ، حيث ترتد فورا الى س١ ، ويتحرك الضوء من س١ عندما كانت العقارب تشير الى منتصف النهار ، ويصل الى س٢ ليجد الوقت ٣ دقائق بعد انتصاف النهار • لا نستطيع التأكد من كون الرحلة قد استغرقت ثلاث دقائق بالضبط ، فقد تكون احدى الساعتين غير مضبوطة بالنسبة للأخرى ، ومن ثم يجب أن نزامن بينهما • فكيف نفعل ذلك ، نفرض أن الضوء يرتد الى س١ وعقاربها تعلن أربع دقائق بعد منتصف النهار ، سنعلم على الفور أن الساعتين غير متزامنتين ، حيث ان زمن رحلة الذهاب ثلاث دقائق ، بينما زمن رحلة العودة دقيقة واحدة ، عندئذ نحرك عقارب الساعة س٢ دقيقة واحدة للخلف ، فنجد أن الضوء قد استغرق دقيقتين في كل من رحلة الذهاب والعودة ، ونعلم أن الساعتين متزامنتان • وهنا اذا وقع حادث بالقرب من الساعة س١ وهي تشير للرابعة والنصف مثلا ، ووقع حادث آخر بالقرب من الساعة س٢ وهي أيضا تشير للرابعة والنصف ، نعلم أن الحدثين متزامنان •

وبينما يضبط قائد (أ) ساعتيه ، يراقبه قائد (ب) بدهشة بالغة ، لأنه بالنسبة اليه فان (أ) يتحرك باتجاه اليسار بسرعة ١٠٠٠٠ ميل فى الثانية ، لذلك فرغم أن الضوء يتحرك يمنة ويسرة مسافات متساوية فى المركبة (أ)، ورغم أن (آ) يرى آن الضوء يقطع مسافات متساوية جيئة وذهابا على الوجه التالى :



فان (ب) يراها قد تحركت مسافات غير متساوية ، كما هو موضح فى الشكل التالى :



لذا يحق لقائد (ب) أن يتوصل الى أن مسافتى الذهاب والعودة غير متساويتين ، ولكن الضوء يستغرق نفس الزمن فى قطعهما وفقا للساعتين س١ و س٢ ٠ اذن فالساعتان من وجهة نظر (ب) غير متزامنتين ٠ وبنفس المنطق يرى قائد (ب) أن ساعتيه متزامنتان ، ويراهما قائد (أ) غير ذلك ٠

الى أى جانب ننحاز ؟ الفرضية الأولى لآينشتين « مبدأ النسبية » ، تضع الاثنين على قدم المساواة ، ولهذا نخلص معه الى أن الاثنين محقان ٠

وهنا تكمن العبقرية • حيث ينظر آينشتين لهذا الخلاف ليس كخلاف سطحى ، بل كأحد خصائص الزمن نفسه • لقد سقط المفهوم النيوتونى للزمن المطلق الثابت • فالوقت عند آينشتين من طبيعته أن التزامن بين الأحداث المنفصلة نسبى • فالأحداث متزامنة بالنسبة لـ (أ) ، ولكنها غير ذلك بالنسبة لـ (ب) ، والعكس بالعكس • قد يبدو هذا غريبا على عقولنا ، ولكن علينا أن نتقبله ، ونتقبل معه المزيد من الصدمات ، لأن الزمن مفهوم أساسى ، وأى اهتزاز فيه يعنى انهيار هيكل العلم بأكمله •

خذ الطول مثلا ، وهو مفهوم أساسى آخر ، ولنفرض أن قضيبا يمر أمام المركبتين ، وأن كل قائد يراقب طرفيه لحظيا ، وحيث انهما مختلفان من ناحية التزامن ، فان كل واحد سيتهم الآخر بأنه لم يلحظ الطرفين فى نفس اللحظة ، وأنه لذلك قد أخطأ فى حساب الطول • وبشكل عام سيجد الاثنان أنهما مختلفان فيما يتعلق بالطول أيضا •

وليست هناك نهاية لذلك ، فالسرعة ، والعجلة ، والطاقة ، كل ذلك وأكثر منه يعتمد على الزمن والمسافة ، وبهذا يتغير نسيج العلم برمته •

ما العلاقة بين القياسات التى قام بها كل من (أ) و (ب) عن الزمن والفراغ ؟ أو بين تلك التى يقوم بها أى اثنين فى مركبتين تتحركان حركة نسبية منتظمة ؟ كعادته بحث آينشتين عن أبسط علاقة رياضية يمكن استنباطها من مبدأيه ، ولم يكن ما استخلصه سوى تحويل لورنتز ، وهو ما لم يكن على علم به بكل تأكيد •

باستخدام هذا التحويل استخلص المزيد · ورغم بساطة الفرضين اللذين وضعهما ، الا أن تداعياتهما المنطقية تعصف باللب · وعلى سبيل المثال ، وكما بين آينشتين ، فان (أ) يجد ساعة (ب) أبطأ من ساعته ، بينما يجد (ب) نفس الشيء بالنسبة لساعة (أ) · كنا نتوقع أن يجد (ب) ساعة (أ) أسرع من ساعته ، ولكن كلا منهما سيجد ساعة زميله أبطأ من ساعته هو ·

ونستعيد هنا اقتراح فيتزجيرالد ولورنتز القاضى بأن الأشياء تنكمش فى اتجاه حركتها خلال الأثير · وقد توصل آينشتين الى نفس المعادلة حول قيمة هذا الانكماش ، ولكن من واقع نظرية آينشتين فان هذا التأثير متبادل · كذلك ، سيجد (أ) أن المتر القياسى لدى (ب) أقصر مما لديه ، بينما يرى (ب) نفس الشيء بالنسبة للمتر لدى (أ) · وليس من شيء يكشف عن الشجاعة الثورية لأفكار آينشتين من مقارنتها بأفكار سابقيه ، لورنتز وبوانكريه · لقد كان لدى ثلاثتهم تحول لورنتز ، متضمنا تلك التداعيات المدهشة ، ولكن عند تفسيرها لم يجرؤ أى من لورنتز وبوانكريه على اعطاء مبدأ النسبية الثقة الكاملة · فالمسألة لديهم توقفت عند حالة أن يكون (أ) فى حالة سكون ، اذ ينكمش الطول الخاص بـ(ب) · ولم يتعرضا الى حالة أن يجد(ب) نفس الشيء بالنسبة لـ(أ) · فقد افترضا ضمنا أنه سيجده أطول · أما بالنسبة للساعات ، فلم يتعرض أحدهما لمثل ما قام به آينشتين من تحليل ·

كان بوانكريه أحد العلماء الرياضيين الأفذاذ فى عصره · رجل ذو نظرة فلسفية نفاذة · وفى بحثه عام ١٩٠٥ كان على تمكن غير عادى بالهيكل الرياضى للنسبية · وقد ظل طويلا يدعو بالمفاهيم التقليدية المحضة للفيزياء ، وهو ان

كان قد تنبه مبكرا لاحتمال صحة مبدأ النسبية ، الا أنه عند الخطوة الحاسمة ، خذلته أعصابه وتمسك بالعادات الفكرية القديمة والأفكار المألوفة حول الزمن والفراغ • واذا بدا لنا ذلك أمرا غريبا ، فلأننا لا نقدر جسارة آينشتين حق قدرها فى ارساء مبدأ النسبية كبديهية علمية ، والتمسك بهـا ، على حساب المفاهيم التقليدية للزمن والفراغ •

عندما قام آينشتين بتغييراته الثورية ، كان متأثرا بأفكار « ماخ » ، صاحب الكتاب الخطير عن ميكانيكا نيوتن . والذى أثار بيسو انتباهه له وهو فى مرحلة الدراسة • وسنعود لماخ فيما بعد ، رغم أن حماس آينشتين لأفكاره الفلسفية لم يدم • وكان ماخ متحفظا بشدة حول مفاهيم مثل الزمن والفراغ المطلقين ، والذرة • وبشكل عام كان ينظر للعلم كنوع من الكتالوجات المنمقة للبيانات ، وقد أراد أن تعرف كل المفاهيم بدقة على شكل اجراءات محددة • وتبين تحليلات آينشتين للتزامن على صورة اجراءات محددة تأثره بهذه الأفكار • وكان الآخرون ، ومن بينهم بوانكريه، على علم بها ، ولكن آينشتين وحده هو الذى حقق التقدم الحاسم •

ان انكماش الطول وابطاء الزمن بالنسبة لكلا الطرفين أمر لا يجب أن يكون مستغربا ، فهو أقرب الشبه بتأثير المنظور ، حين يتباعد شخصان ، ويرى كل منهما الآخر وقد نقص طوله • ونحن لا ندهش لذلك ، لأننا ببساطة قد تعودنا عليه •

لقد تحدثنا بالكاد بما يكفى عن الطبيعة الثورية لورقة آينشتين عام ١٩٠٥ عن النسبية • وبمجرد وضع الأساس

تصبح الورقة رياضية بحتة ، ويبين آينشتين من خلال الأفكار الجديدة حول الزمن والفراغ توافق معادلات ماكسويل مع مبدأ النسبية ، حتى مع ما يتطلبه ذلك من مراجعة لقوانين نيوتن . فعلى سبيل المثال ، كلما زادت سرعة شيء بالنسبة لمراقب ، زادت كتلته بالنسبة له . وكعادته يقودنا آينشتين الى توقع يمكن من اخضاع ذلك للتجربة العملية ، فيورد معادلات حول حركة الالكترون فى المجال المغناطيسى ، مع حساب الزيادة النسبية للكتلة مع زيادة السرعة بالنسبة للمشاهد . وقد توصل لورنتز لنفس النتائج عام ١٩٠٤ عن طريق مختلف ، وقارنها بنجاح مع نتائج توصل اليها أحد الباحثين ، وليس من المستغرب أن يتوصل الاثنان لنفس المعادلات ، لتأثرهما معا بتراث ماكسويل . ولكن هناك فرقا جوهريا بين الرجلين ، فعندما قام نفس الباحث بنشر قياسات جديدة لا تتفق مع نتائج آينشتين ولورنتز، ثبط ذلك من عزيمة الثانى ، أما آينشتين فقد ظل ثابتا لا يتزعزع ، فراجع النظرية المنافسة ، ورفضها على أسس جمالية ، وأثبتت القياسات التالية أنه كان على حق .

ومن غير الملائم أن نكتفى بهذا القدر دون أن نورد الكلمات الختامية فى بحث آينشتين حول النسبية :

« خلاصة القول ، أرغب أن أقول انه خلال العمل على حل المشكلة التى نبحثها ، فقد سعدت بالمعونة الصادقة من صديقى م . بيسو ، وانى لمدين له بالعديد من الآراء العلمية » .

لقد تعرضنا حتى الآن للأوراق الأربع التى قدمها آينشتين لهابيشت ، مقابل بحث الأخير . وقد أصبحت نسخ مجلة « حوليات الفيزياء » ، العدد (١٧) الآن مقتنى ثمينا ،

يقوم على حفظها فى الخزائن أمناء مكتبات محظوظون لكونها فى حوزتهم • فمثل هذا التدفق من العبقرية ـ ثلاثة موضوعات مختلفة لها لمسة سحرية خلال فترة وجيزة من الزمن ـ قد جعل من عام ١٩٠٥ عاما لا ينسى •

لم يكتف آينشتين بهذا الحد خلال عام ١٩٠٥ ، ففى أواخر سبتمبر أرسل بحثا آخر لنفس المجلة ، ونشر فى نوفمبر • كان البحث فى ثلاث صفحات مطبوعة ، وفيه بين باستخدام المعادلات الكهرومغناطيسية المأخوذة من ورقته السابقة ، أنه اذا ما أصدر جسم كمية من الطاقة ط على هيئة ضوء ، فان كتلته تنقص بمقدار ط/حـ٢ •

وباحساسه الغريزى بوحدة الكون ، يتوصل الى ملاحظة نافذة وهامة للغاية ، أن الضوء هو صورة غير متميزة من الطاقة ، ولهذا يعلن عن قاعدة عامة ، وهى أن أى جسم يعطى أو يأخذ أو يفقد قدرا من الطاقة يساوى ط ، بأى شكل من الأشكال ، فانه يكتسب أو يفقد قدرا من كتلته بمقدار ط/حـ٢ •

بناء على ذلك ، ولأن قيمة حـ كبيرة للغاية ، فاذا كان هناك مصباح كهربى يشع ١٠٠ وات من الضوء لمائة عام ، فانه لا يفقد من كتلته خلال هذه المدة الا ما يوازى جزءا من المليون من الأوقية • ولكن الراديوم ، من خلال قدرته الاشعاعية يطلق كمية هائلة من الطاقة نسبيا ، وقد وجد آينشتين أنه يمكن اختبار النظرية بهذه الطريقة •

وفى بحثه عام ١٩٠٥ ، ذكر آينشتين أن كل طاقة أيا كان نوعها لها كتلة ، وحتى آينشتين نفسه استغرق الأمر معه سنتين لاحقتين حتى يتوصل الى النتيجة المذهلة بأن العكس

صحيح ، أى أن الكتلة من أى نوع لابد لها طاقة ، وقد توصل لذلك من خلال أسباب فنية وجمالية بحتة • لماذا نفرق بين كتلة الشيء والكتلة التى يفقدها خلال الاشعاع ؟ ان هـذا يعني أن لدينا نوعين من الكتلة ، دون سبب واضح ، رغم أن نوعا واحدا يكفي ، والتمييز غير منطقي ، وعلى ذلك ، فان آية كتلة لها طاقة •

وباعتبار الكتلة والطاقة متكافئتين ، استطاع آينشتين فى بحث تفسيرى نشر فى « الكتاب السنوى للاشعاع » التوصل الى معادلته الشهيرة : ط = ك ح[٢] ، حيث ح هى سرعة الضوء كما قدمنا • ولنصور مدلول هذه المعادلة ، فكل حفنة تراب من الأرض ، كل ريشة ، كل ذرة غبار ، أصبحت مخزنا مذهلا للطاقة الحبيسـة • لم تكن هنـاك طريقـة للتحقق من ذلك آنذاك ، الا أنه عند تقديمه لمعادلته تحدث عنها كأهم تداعيات النظرية النسـبية • وتتجلى قدرته غـير العادية على الرؤية البعيدة فى أن المعادلة لم تتحقق كميا الا بعـد حوالى خمس وعشرين سنة ، ومن خلال تجارب معملية غاية فى الصعوبة • ولم يستطع أحد التنبؤ بالأحداث الدرامية التى أدت اليهـا معادلته التى كان الدافع اليها جماليا فى مبدأ الأمر ! •

لقد تحدثنا فى الفصول السابقة عن عبقرية آينشتين المزدهرة فى ذلك العـام ، ١٩٠٥ • وفى الأول من أبريل من عام ١٩٠٦ رقى آينشتين في مكتب براءات الاختراعات فى برن الى وظيفة خبير من الدرجة الثانية •

الفصل السابع

من برن الى برلين

أحيانا ما تكتسب الأنصار بسرعة ، وقد نشرت ورقة آينشتين عن النسبية ، والتى تسلمتها المجلة فى يونيو من عام ١٩٠٥ ، فى نوفمبر من نفس العام · وبسرعة كتب عالم له مكانته مؤيدا لها · وبالفعل فقد كتب هو فى سيرته الذاتية أن ورقة آينشتين قد أثارت انتباهه على الفور · من كان ذلك العالم ؟ بوانكريه ؟ لا ، اذن فهو لورنتز ؟

كلا ، كان ذلك العالم هو بلانك ، والذى كان من غير المتحمسين لفكرة كوانتا الضوء · وقد أعطى هذا التقرير المؤيد لـ « منتدى برلين الفيزيائى » ، ولم ينته الأمر عند ذلك الحد ، بل بدأ على الفور فى تطوير النظرية ، ونشر أبحاثا مؤيدة لآينشتين فى عامى ١٩٠٦ و ١٩٠٧ · والأكثر من ذلك أنه استخدم نفوذه القوى لاقناع العلماء الآخرين بدراسة الأفكار الجديدة · وكتب بود لآينشتين فى مراسلات علمية ودودة عامله فيها كند له · ونورد هنا على سبيل المثال مقتطفات من رسالة طويلة كتبها لآينشتين فى ٦ يوليو عام ١٩٠٧ :

« كتب الى السيد بوشرر Bucherer [والذى أيدت تجاربه « النسبية » بقوة] عن معارضته لبحثى

الأخير [عن النسبية] ... ، ولكن ما يدعو للسرور أنك حاليا لست على رأيه . ولما كان المتحمسون لمبدأ النسبية مجموعة صغيرة حتى الآن، لذلك فمن المهم بمكان أن يتفقوا فيما بينهم ... من المحتمل أن أذهب الى « برنيزى أوبرلاند » فى العام القادم ، بالطبع هو احتمال مستقبلى بعيد ، ولكن سيكون من سعادتى التعرف عليك شخصيا».

لم يكن لورنتز متقبلا لأفكار آينشتين الثورية عن الزمن والفراغ ، وعندما أشاد بها فى السنوات اللاحقة لم يستطع أن يخفى حزنه لاختفاء الأثير الساكن . أما فيما يتعلق ببوانكريه فمن الصعب الجزم بأنه كان على اتفاق تام مع الطبيعة الثورية لمفاهيم آينشتين عن النسبية . وفيما يتعلق بالمراجع المطبوعة عنها ، فان بوانكريه لم يذكر شيئا عن آينشتين . وكذلك بالنسبة لآينشتين ، فهو لم يذكر شيئا عن بوانكريه ، رغم أنه كان لكل منهما فرصة كافية لذلك . وقد كتب ماكس فون لاو Max von Laue مساعد بلانك لأينشتين طالبا مقابلته فى برن خلال صيف عام ١٩٠٦ . ويبدو ، رغم أن الدلائل غير واضحة ، أن « لاو » افترض بشكل ما أن آينشتين فى جامعة برن . ومن المؤكد أنه دهش عندما علم أن الرجل الذى توصل الى هذه الأفكار عن الزمن والفراغ ، والتى نالت اعجاب بلانك ، هو نفسه الموظف بسيط الثياب الذى لم يلفت نظره عندما ذهب للقائه فى مكتب براءات الاختراعات . وكان لقاؤهما بداية لصداقة دامت طوال حياتهما . وكان «لاو» ، الذى حصل على جائزة نوبل فيما بعد ، هو أول من كتب كتابا علميا مؤيدا لآينشتين ، نشر عام ١٩١١ .

وفى تلك الأثناء ، وبلا انتظار للقبول العام لأعماله ، استمر آينشتين فى كتابة أبحاثه عن الكم ، والحركة البراونية ، والنسبية • وبالفعل كان عام ١٩٠٥ عاما رائعا• لأنه فى ديسمبر من ذلك العام أرسل الى مجلة « حوليات الفيزياء » ورقة بحث ثانية عن الحركة البراونية ، ظهرت فى عام ١٩٠٦ • وكما نعلم ، فى عام ١٩٠٧ ، أنهى صياغة معادلته التاريخية الشهيرة عن الكتلة والطاقة • وما لم يرد ذكره بعد ، أنه ، وفى نفس البحث ، اتخذ الخطوة الأولى على ذلك الطريق ، والذى أدى به بعد سنوات عديدة من النظرية النسبية الخاصة الى النسبية العامة ، أحد الأعمال الخالدة فى العلوم • هذا الانجاز فقط يجعل من عام ١٩٠٧ عاما لا ينسى ، ولكن كان هناك المزيد • فعلى سبيل المثال اكتسب آينشتين بشكل غير متوقع حليفا هاما جديدا فى شخص عالم الرياضيات الروسى ـ الألمانى «هيرمان منكوفسكى Herman Minkowski» الأستاذ فى جامعة جوتنجن Gottingen العريقة بألمانيا • وهناك فى ديسمبر من عام ١٩٠٧ قدم اسهاما بارزا فى نظرية النسبية •

وسوف نتعرض لاسهامات كل منهما فى حينه فى تسلسلها المنطقى بدلا من الزمنى • ولكن الجدير بالذكر أن منكوفسكى كان أستاذا للرياضيات فى معهد البوليتكنيك فى زيورخ عندما كان آينشتين طالبا فيه ، وأن آينشتين لم يكن يحضر محاضراته بانتظام ، وأن منكوفسكى كان يعتبره طالبا كسولا •

لم يكن الجميع متحمسين للنسبية • وحتى علماء الطبيعة ممن كانوا مؤيدين لها لم يكن من السهل عليهم استيعاب

الأفكار الجديدة عن الزمن والفراغ • وعندما انتشرت أخبار ما اقترحه آينشتين بين العديد من الناس ، من علماء وفلاسفة ورجال عاديين ، هاجموها بضراوة • ولكن الأهم أن العلماء البارزين بدؤوا تدريجيا فى قبول هذه الأفكار •

ورغم أنه بدأ فى اكتساب قدر من الشهرة بين العلماء ، الا أن آينشتين ظل فى برن ، وظل طويلا على معاناته من جراء نشاطه البحثى المكثف المصحوب بثمانى ساعات من العمل اليومى • وقرب نهاية عام ١٩٠٧ أدت ظروف مواتية الى التفكير مجددا فى أن يصبح معيدا ، حتى يمكن أن يكون فيما بعد مؤهلا للأستاذية • ولما كانت الخطوة الأولى هى تقديم بحث تمهيدى ، فقد قام بالفعل بارسال ورقته عن النسبية الى جامعة برن فى عام ١٩٠٥ •

ورفضت الورقة ، ومن بين الأسباب المعلنة ، أنها « غير مفهومة » •

ومن المفهوم أن يكف آينشتين المحبط عن محاولاته لبناء مستقبله الأكاديمى • وفى يناير من عام ١٩٠٨ كتب ما يلى لصديقه مارسيل جروسمان ، الذى كان رغم صغر سنه أستاذا للرياضيات فى معهد البوليتكنيك بزيورخ :

« رغم أنك قد تجدنى مضحكا ، فاننى أود أن أستشيرك فى مسألة عملية ••• اننى شديد الرغبة فى أن أحصل على منصب تعليمى فى المدرسة التقنية فى ونترثور ، (للرياضيات والطبيعة) • أحد أصدقائى ، وهو مدرس هناك قد أسر الى بأن هذا المنصب سيصبح شاغرا فى القريب العاجل •

أرجو ألا تندفع الى تصور أننى مساق لمثل هذه النظرة الوظيفية عن طريق جنون العظمة ، أو بعاطفة مشكوك فيها ،

الواقع أن شغفى فقط هو فى أن أصبح قادرا على مواصلة أبحاثى الخاصة تحت ظروف أفضل ، كما ستفهم بالتأكيد ٠ ولكنك قد تتساءل : «لم هو تواق لهذه الوظيفة ؟ » ٠ والسبب فقط هو أننى أعتقد أنها أفضل الفرص للأسباب الآتية :

١ ـ أننى سبق أن قمت بالتدريس هناك لعدة أشهر كمدرس احتياطى ٠

٢ ـ أننى على صداقة بقدر ما مع أحد المدرسين هناك ٠

وأسألك الآن ، ماذا أفعل بهذا الخصوص ؟ هل على أن أزور أحدهم هناك لأبين له وجها لوجه قيمتى الحقيقية كمدرس ومواطن ؟ ومن سيكون ؟ أليس من المحتمل أن أترك انطباعا سيئا (عدم التحدث بالألمانية السويسرية ، الملامح السامية ٠٠٠ الخ) ، والأكثر من ذلك ، هل من المعقول أن أتحدث ، خلال هذه المقابلة ، مدحا وتمجيدا فى جهودى العلمية ؟ » ٠

لم يضع آينشتين كل البيض فى سلة واحدة ، ففى نفس ذلك الشهر تقدم للحصول على وظيفة شاغرة ، وهنا قاربت هذه الكوميديا السوداء نهايتها ٠ ففى ٢٨ يناير أرسل البروفيسور الفريد كلاينر Alfred Kleiner ، والذى كان ضالعا فى رفض ثم قبول أطروحة الدكتوراه التى قدمها آينشتين لجامعة زيورخ ، بطاقة تعبر عن رغبته فى الاتصال به فى أمر يهمهما سويا ٠

وسعيا لاحضار آينشتين لجامعة زيورخ كأستاذ ، ألح كلاينر عليه ليس فقط بالمحاولة مرة أخرى لأن يصبح معيدا فى جامعة برن ، بل بابلاغه بأية تطورات بحيث اذا لم تسر

الأمور كما هو مأمول ، يمكن عندها لكلاينر أن يفكر في طرق غير تقليدية يمكن بها أن يستوفى متطلبات الأستاذية ٠

وعليه فقد حاول آينشتين مرة أخرى ٠ وهذه المرة تحسن الموقف ، وأصبح في عام ١٩٠٨ معيدا في جامعة برن ٠ ولا يعني ذلك أنه استفاد من ذلك على الفور ، فقد ظل ملتزما بالعمل في مكتب البراءات لنفس عدد الساعات ، اضافة الى أنه أصبح الآن ملتزما بالقاء المحاضرات الجامعية ٠ لم يكن هناك راتب لتلك الوظيفة ، سواء في برن أو في غيرها من الجامعات ٠ كان الطلبة الذين يحضرون المحاضرات يدفعون رسوما تذهب الى المحاضرين ، ولأن الأساتذة كانوا يزيدون من دخلهم بتدريس المواد المرغوب فيها والتي تلاقي اقبالا آكيدا ، كان المعيدون يلقون عادة محاضرات متخصصة لا يحضرها الا القليلون ، ولذلك لا تجلب الا النزر اليسير ٠ وكان دخل آينشتين من هذه المحاضرات في جامعة برن لا يذكر ، حيث كان بيسو وصديق آو اثنان هم المنتظمين في الحضور ٠

في تلك الأيام لم يكن آينشتين محاضرا جيدا ٠ كان مشغولا بما هو أهم ٠ ولكن للحصول على درجة الأستاذية كان عليه آن يمر بهذه الطقوس للحياة الأكاديمية ، ومن الطبيعي أنه قام بذلك بتردد وتمرد ٠ لم يحاول أن يحسن من مظهره أو يعدل من أسلوبه للتوافق مع العادات الأكاديمية ٠ كان من بين الطلبة في برن في تلك الآونة العديد من اليهود الروس ، فقراء في ثياب رثة ، يزدريهم الآخرون ٠ وتحكي شقيقته مايا عن واقعة تبين نوع الانطباع الذى كان يعطيه آينشتين ٠ كانت طالبة في جامعة برن في ذلك الوقت ، ولرغبتها في حضور احدى محاضرات آخيها ، فقد سألت

حارس البوابة عن الغرفة التى يوجد بها د. آينشتين. ونظرا لمظهرها المشرف فقد أجابها الرجل بدهشة بالغة : « .. ماذا تقولين ؟ هذا الـ ... الروسى هو آخوك ؟ » . وعندما عبر كلاينر عقب زيارة مفاجئة لفصل تلميذه (آينشتين) عن انتقاده لقدراته التدريسية ، رد الأخير بقوله : « لست راغبا بالتأكيد فى أن أصبح أستاذا فى جامعة زيورخ » .

وفى ربيع عام ١٠٩ صدر القرار بايجاد وظيفة جديدة ، أستاذ مساعد فى جامعة زيورخ ، أستاذ مساعد للطبيعة النظرية (لفصل الخريف) . وألح المستشار أرنست على ترشيح فردريش أدلر Friedrich Adler ، وهو صديق لآينشتين، للمنصب . وكان آدلر بالفعل مرشحا قويا لأن والده وهو مؤسس للحزب الديمقراطى الاجتماعى النمساوى يحظى بنفوذ سياسى كبير ، ولكن آدلر الابن ، وهو رجل مبادىء عليا ، أصر على الانسحاب لصالح آينشتين ، وناشد المجلس التعليمى المتأثر سياسيا بالاعتراف بأن قدرات آينشتين التعليمية غير عادية . وتفوق قدراته هو بكثير . ونتيجة لتصرفه الأخلاقى اختير آينشتين لمنصب الأستاذية فى ٧ مايو ١٩٠٩ ، وهو فى سن الثلاثين .

وفى حياة نيوتن واقعة مشابهة عندما كان فى السابعة والعشرين . ففى عام ١٦٦٩ استقال ايزاك بارو القائم على رعاية جامعة كامبردج من منصب الأستاذية ليفسح الطريق أمام نيوتن ليتولى هو المنصب . ولكن مصيرى « آدلر » و « بارو » كانا مختلفين للغاية . فقد أغرق بارو نفسه عن اقتناع فى علم اللاهوت ، بينما انغمس آدلر بحماس فى السياسة . وأدت مثاليته وتأثره بفظائع الحرب الأولى عام

١٩١٦ الى اغتيال رئيس وزراء النمسا ، وتلقى جزاء لذلك عقوبة مخففة ·

وفى عام ١٩٠٩ كان آينشتين غارقا فى أبحاثه ، ولا يجد الا لحظات قليلة للاهتمام بالسياسة · وفى ٦ يوليو قدم استقالته من مكتب البراءات لتصبح نافذة اعتبارا من ١٥ أكتوبر · وقد كتب لصديقه بيسو خلال ١٩١٩ متحدثا بحنين عن « تلك الصومعة المنعزلة حيث ولدت أجمل أفكارى، وفيها قضينا معا أجمل الأوقات» ، فقد أمضى فيه سبع سنوات رائعة ·

سبق آن تحدثنا عن محاضرة منكوفسكى عام ١٩٠٧ فى جوتنجن ، وفى كولون فى سبتمبر عام ١٩٠٨ قدم تقريرا فى الاجتماع الثامن عشرللعلماء الفيزيقيين الألمان، وأصبحت محاضرته شهيرة لبدايتها المثيرة : « من الآن فصاعدا سيختفى تماما الزمن والفراغ كمعنيين منفصلين ، ليحل محلهما وحدة تحظى بوجود مستقل » · واذا آثارت هذه الكلمات فضولنا فقد أدت غرض منكوفسكى منها ، فهذا الاختفاء سيخلف وراءه توحدا رائعا ·

لقد صور نيوتن العالم كما لو كان ـ كيف نصفه ؟ ـ لو كان متراكبا بدقة بالغة فى فراغ وزمن مطلقين · وقد انشق آينشتين على هذهالصورة بقوله ان العديد منالمشاهدين المختلفين فى حركتهم المنتظمة يضمون نظما مختلفة للتزامنية ، ولأن قياساتهم للأطوال قد تأثرت ، فيمكن القول بأن لكل مشاهد نظامه الخاص للوقت والفراغ ·

ورغم اختلافاتهم ، الا أنهم يشتركون فى الكثير · فعلى سبيل المثال ، فقد وجدوا أنفسهم أمام نفس القيمة الثابتة لسرعة الضوء (حـ) · وعموما فهم يعيشون فى نفس الكون·

قد يبدو ذلك واضحا بشكل مخيب للآمال • ولكنه يصل بنا الى لب الموضوع • لأن الأزمنة والفراغات الخاصة بكل مشاهد لا تحدث على انعزال ، فقد بين منكوفسكى أنها فى النظرية النسبية تنتمى لمجال مشترك عام ومتفرد ، يندمج فيه الزمن والفراغ ، وهو ما يسمى « الزمكان » • ولكن كيف يصل كل مشاهد الى نتائج خاصة بزمنه وفراغه ؟ عن طريق فصل ذلك الاندماج ، كل بطريقته الخاصة • ويشبه ذلك تقريبا كما لو كان الزمكان العام كتلة هائلة من الجبن ، كل يقتطع منها فى اتجاهه الخاص •

ولكنها كتلة رباعية الأبعاد • فالزمكان له أربعة أبعاد، اذ يدخل الزمن بصورة أو بأخرى كند مع أبعاد الفراغ الثلاثة •

والآن دعنا نزيل الاحساس بالارتباك والغموض • فى البداية علينا ألا نحاول تصور الزمكان رباعى الأبعاد • فذلك مستحيل يعجز عنه حتى آينشتاين ومنكوفسكى • فالمحترفون يتعاملون معه بالمنطق الرياضى المجرد ، ورغم ذلك يمكنهم من مناقشة الموضوع ببراعة غير عادية ، الا أنه لا يجدى شيئا فى تصوره كما لو كان يرى رأى العين •

فى الرسم البيانى يمكن لرقمين أن يحددا وضع أية نقطة، ولهذا نقول ان سطح الورقة ثنائى الأبعاد • ولتحديد موضع نقطة فى غرفة مثلا نحتاج لثلاثة أرقام ، البعد عن الأرضية وعن اثنين من الحائطين المتعامدين • ولذا نقول ان للفراغ أبعادا ثلاثة • واذا تكلمنا عن نقاط فى لحظات مختلفة نكون بحاجة الى رقم رابع ، ثلاثة تخص الفراغ والرابع للزمن • ومن هنا فان العالم رباعى الأبعاد •

اذا كان ذلك هو كل ما فى الأمر ، فسوف نقول بارتياح ان عالم نيوتن كان رباعى الأبعاد ، وقد كان ذلك بشكل ما ٠ ولكن الزمن المطلق بعيد فيه عن الفراغ المطلق ، فيما عدا أن الفراغ المطلق موجود فى كل الأوقات ٠ ولهذا ننظر لعالم نيوتن كما لو كان له ٣ + ١ من الأبعاد ، وليس رباعى الأبعاد ٠ ولكن عند آينشتين فالأمر مختلف بالنسبة لزمكان النسبية ، لأن الزمن والفراغ متداخلان بحيث لا يمكن تفادى اصطلاح « رباعى الأبعاد » ٠

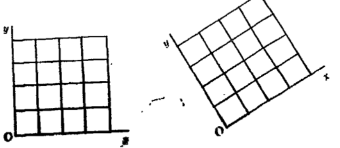
ولننظر مليا فى الأمر ٠ لنعد لمركبات الفضاء والقائدين آ و ب ٠ ولنتصور أن ب يقوم بطباعة تقرير عن مهمته ، وخلال ذلك يضغط على الحرف « أ » ثم بعدها « لام » ، هذان الحرفان بينهما مسافة بوصة واحدة مثلا ، ولنقل ان الزمن بينهما نصف ثانية ، فى هذه الأثناء يتحرك (ب) مسافة ٥٠٠٠ ميل بالنسبة لـ أ ، ولهذا يرى الأخير المسافة أكبر بكثير من البوصة ، كما يجد ، نتيجة لبطء الساعات ، الزمن يزيد عن نصف الثانية ، ولا يكون هناك أمل فى أن يتفق الاثنان لا على المسافة ولا على الزمن ٠

ومع ذلك ، فليجعل ب يحول الفترة الزمنية الى مسافة ٠ كيف ؟ ببساطة بحساب الزمن الذى يقطعه الضوء بالسرعة المتفق عليها بينهما ، حـ ، ولنسم هذه المسافة « المسافة الزمنية Time-distance » بين الحدثين ، تمييزا لها عن « المسافة الفراغية Space-distance » ٠

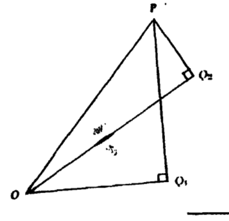
ولنتذكر أن الاثنين غير متفقين بالمرة حول أى من المسافتين ، ولكن عندما يقوم أى منهما بحساب قيمة « المسافة الزمنية[٢] ــ المسافة الفراغية[٢] » ، فاننا وفقا

لمعادلات النسبية سنجد أن الناتج متساو ، ويصـــل لنفس النتيجة أيضا أى مسافر بسرعة منتظمة ٠

فى نظام نيوتن تتسـاوى بالنسـبة للـكافة المسـافات الزمنية ، وكذا المسافات الفراغية ، ولكن من خلال النسبية فقط فان القيمة المبينة فقط هى المتساوية ٠ وهـــذا أمر عظيم ! ولنعد لنظرية فيثاغورث التى شغف بهـا آينشـتين الطفل ٠ ولنتصور شخصين (حـ) و (د) يغطيان هذه الصفحة بخطوط متقاطعة الأول نظامه الخاص ، كمـا هـو مبين الى اليسار ، والثانى حسب ما هو مبين الى اليمين ٠



لنتصـــور بعـــد نقطة ك عن نقطة الأصــل (O) فى كلا النظامين ٠ ان أبعاد النقطة السينى والصادى لكلتا النقطتين مختلف ، الا أن البعد عن نقطة الأصل واحد فيهما ٠ وذلك واضح من الشكل التالى :

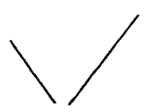


(٤) يعتبر البعد الزمنى هو الكمية التخيلية فى العلاقة المبينة — (المراجع) ٠

ومن الشكل نجد أن القيمة (البعد السينى) ٢ + (البعد الصادى) ٢ متساوية فى كلا النظامين ، وهى نفس العلاقة التى سبق أن أوردناها ، عدا علامة الجمع بدلا من الطرح فى العلاقة السابقة ، ولو كنت عالما بما يسمى الكميات التخيلية (الجذر التربيعى لسالب واحد) يمكنك تحويل علامة الموجب الى سالب ٠

وكان منكوفسكى على علم بأن هذه التحليلات الرياضية ــ وان لم تكن مضامينها كما استنبطها آينشتين ــ قد لاحظها بوانكريه ، واستخدمها بالفعل فى ورقته عام ١٩٠٥ ، وبسبب ما فى تلك التحليلات من تشابه فاننا نميل الى اعتبار الزمن بعدا رابعا عندما نعبر عنه كمسافة ، يندمج على نفس المستوى مع الأبعاد الثلاثة للفراغ على قدم المساواة ، ليشكل الجميع وحدة متكاملة للزمكان الرباعى الأبعاد ٠ وبالتأكيد ومع استرجاع الحوادث يصبح هذا الاغراء لا يقاوم رياضيا، رغم أن الزمكان الرباعى الأبعاد يظل أمرا صعب التصور ٠

ولنتصور النقطة فى نهاية هذه الجملة ، من الطبيعى أن ننظر اليها كنقطة، ولكنها نقطة مستمرة ، وتستمر مع الوقت، فهى لا تختفى كومضة مثلا، ولهذا فهى ممتدة فى الزمكان كما لو كانت فتيلة لا نهائية ، أو كما تسمى « خطا كونيا World line » ٠ ولتصور المسألة ، دعنا نتخيل أن البعد الزمنى للزمكان يمثل بالاتجاه المنحدر لأسفل من هذه الصفحة ٠ عندها ، على سبيل المثال ، فان خطين كونيين كالمبينين بالشكل التالى يقتربان من بعضهما ٠



كذلك يمكن اعتبار « الآن » كخط رأسى يتحرك بانتظام لأسفل الصفحة ولكن الخطوط الكونية نفسها لا تتحرك ، لأنه فى الزمكان يكون الماضى والحاضر والمستقبل كلها ممتدة أمامنا بلا حركة ككلمات كتاب •

لم يتوقف مينكوفسكى أمام هذه الأفكار ، وانما واصل السعى ليبين ، على سبيل المثال ، أن معادلات ماكسويل عند تضمينها فى الزمكان تتخذ شكلا بسيطا بصورة مذهلة ، كما لو كانت والزمكان قد خلق كل منهما للآخر •

كانت تلك نوعية الأفكار فى ذهن منكوفسكى عندما أعلن بشكل درامى فى مؤتمر ١٩٠٨ أن الفراغ والزمن فى حد ذاتهما مصيرهما الاهمال ، وأنه فقط من خلال نوع من التوحد بينهما يمكن أن يكتسبا وجودا مستقلا • وكان يمكن أن يكون محقا اذا ما أضاف أن نفس الشىء يمكن أن يقال بشكل أكثر اقناعا عن ذى قبل عن الكهرباء والمغناطيسية •

وفى المؤتمر التالى ، الواحد والثمانين ، والذى عقد فى سالزبورج، وبعد الاثارة التى أشعلها رجل مثل مينكوفسكى، لم يكن مستغربا أن يدعى آينشتين ، حيث ألقى محاضرته فى سبتمبر ١٩٠٩ بعد عام كامل من محاضرة مينكوفسكى ، وقد

تحدث عن « تطور نظرتنا لطبيعة وتكوين الاشعاع » ، وهـو موضوع شمل النسبية والكوانتا ٠

وكان من بين الحضور نخبة من أبرز علماء العالم ٠ وقد كانت المحاضرة من وجهة نظر آينشتين المتشددة فى نقدها ، وباعتبارها عملا علميا بحتا ، غير هامة ، لأنها ، حسب ما كتب لأحد مشاركيه في العمل ، لم تحو شيئا جديدا ٠ لم يكن ذلك صحيحا كلية ، بل كان آينشتين شديد التواضع ٠ فالكثيرون ممن استمعوا لتلك المحاضرة كانت بالنسبة لهم ثورة وفتحا ، ليس لأنهم اقتنعوا بها بالضرورة ، أو حتى فهموها ، ولكنهم حضروا لمشاهدة وتقييم الرجل الذى سمعوا عنه ، ولم يتطلب الأمر كثيرا ليـدركوا أسـتاذيته ٠ وكانت المناسـبة هامة لآينشتين أيضا ، لأنه ظل يعمل طويلا فى نوع من (المنفى العلمى) ، وفضوله للتعرف على كبار العلماء وجها لوجه لم يكن أقل من رغبتهم وفضولهم فى لقـائه ٠ وتعززت ثقتـه بنفسه بالتأكيد عندما وجد نفسه قادرا على الثبات بسهولة فى صحبتهم ، والأكثر من ذلك أنه فى هـذا المـؤتمر قابل « بلانك » لأول مرة ، فتكونت بينهما صـداقة اسـتمرت طويلا ، وأدت الى مراسلات علمية ضخمة ٠

ولهذا فعندما تسلم عمله كأستاذ فى جامعـة زيورخ ، كان مستقبله قد اتخذ قفزة هائلة ٠ وأصبح التقدم سريعـا كتعويض عن البداية البطيئة المخيبة للآمال ٠ وكان آينشتين سعيدا بعودته الى أصدقائه القـدامى فى زيورخ ، المدينـة التى كان له فيها ذكريات أيام الدراسة ٠ ولكنـه لم يمكث طويلا ، ففى عام ١٩١١ ، ورغم الصعوبات الكامنة فى كونه يهوديا وأجنبيا ــ عرض عليه منصب أستاذ كامل فى الجامعة الألمانية فى براغ ، والتى كان « ماخ » عميدا لها ٠ وكعادة

آينشتين عندما سئل عن دينه رسميا ، أعلن بأنه «لا دينى» ·
ولكنه علم بأن الامبراطور فرانز جوزيف النمساوى المجرى
والذى يجب أن يصـــدق على التعيين كان مصرا على أن تكون
للأساتذة ديانة معترف بها ، لأنه بدونها لا يمكنهم أداء قسم
الولاء الضرورى ·

بنـــاء عليـــه فقد سأل آينشتين المـوظف المســئول عن
السجلات أن يغير انتماءه الدينى المسجل لديه ، ولكن الرجل
أجاب باستحالة ذلك بدون دليل · وأصبح آينشتين فى مواجهة
مشكلة · وتحكى أخته كيف تمكن من حلهـا : فقـد سـأل
الموظف المسئول عن الأســاس الذى سـجل بنــاء عليـــه أنه
« لا دينى » ، ومن الطبيعى أن اجابة الرجل بأن ذلك بناء على
اعترافه شخصيا بذلك ، وقد اعتقد الموظف أنه قد أفحمه
بذلك الرد ، لكن آينشـتين أجابه بثبات أنه يعلن الآن أنه
« يهودى » ، عندها وجد الموظف نفسه مضطرا لتغيير الديانة
الى « موسوى » ·

وكما سنرى فيما بعد ، فان الاعلان عن الانتماء لليهودية
كانت له مدلولات رمزية تنبئية · ومن الخطأ اعتبار آينشتين
يهوديا متمسكا بالطقوس ، صحيح أنه كان من أكثر الرجال
«تدينا» ، ولكن معتقداته الدينية كانت أعمق من أن تصورها
الكلمات · وكانت قريبـة لمعتقدات الفيلسـوف اليهـودى
« سبينوزا » فى القرن السابع عشر ، والذى نبذه اليهود ·
أما آينشتين من حيث احساسه بالخضوع والرهبة ، والعجب،
وشعوره بالتوحد مع الكون ، فهو ينتمى لكبار المتصوفة ·
وفى خطاب كتب عام ١٩٢٩ تحدث فيه عن نفسه كأحد أتباع
«سبينوزا» الذى كان يعتبر الطبيعة ، بكل ما فيها، على أنها هى
الله · وقبلها بوقت قصير ، عندما سئل خلال الكابلات عبر

الأطلنطى عما اذا كان يؤمن بالله ، كانت اجابته : « أؤمن بالله كما يراه «سبينوزا»۰ ذلك الذى يتجلى فى التناسق المنظم الدقيق للموجودات ، وليس فى اله يشغل نفسه بمصائر وأفعال البشر » ۰ وكان يكن لسبينوزا تقديرا بالغا ۰ وفى عام ١٩٣٢ رفض دعوة لكتابة دراسة عنه قائلا : ان أحدا لا يستطيع ذلك ، لأنها لا تتطلب خبرة فقط ، وانما نقاء وتواضعا غير عاديين ۰ ومن تلك الرسالة نقتطف الفقرة التى سنتبين أهمية دلالتها فى فصول لاحقة « كان سبينوزا أول من طبق فكرة القيود المحددة لكل ما يحدث ، بتوافق حقيقى مع الفكر الانسانى، والمشاعر والأفعال الانسانية»۰ وفى خطاب عام ١٩٤٦ تحدث آينشتين عن سبينوزا « كواحد من أطهر وأعمق الأرواح التى أنتجها الشعب اليهودى » ۰ وفى العام التالى عندما طلب منه أن يوجز آراءه عن الايمان بالذات العليا كتب بالانجليزية :

« يبدو لى أن فكرةُ الاله الشخصى هى مفهوم متعلق بالأنثروبولوجيا لا يمكننى أخذها بجدية ۰ كذلك فلا أستطيع تصور وجود ارادة أو غاية خارج المحيط البشرى ۰ ان أفكارى مقاربة لأفكار سبينوزا ، الافتتان بالجمال والايمان بالبساطة المنطقية للنظام والتناسق الذى يمكننا ادراكه بتواضع ادراكا جزئيا فقط ۰ وأعتقد أن علينا أن نقنع بمعرفتنا المحدودة والتعامل مع القيم والالتزامات الأخلاقية كمشكلة انسانية محضة ، وهى أهم مشاكل البشرية » ۰

وهذه المقتطفات واضحة بما يكفى ۰ الا أنها مجردة تماما لا يبدو فيها الكثير من سبينوزا أو آينشتين ۰ وغالبا

ما استخدم آينشتين لفظ « الله » كاستعارة للتعبير عن شيء ما خارج نطاق ادراكه ٠

وفي براغ كان هنـاك المـزيد من النبـوءة الرمزية ، ونعرف من كاتب سيرة آينشتين ، فيليب فرانك والذى خلفه فى منصب الأسـتاذية هنـاك ، أن البروتوكول كان يحتم على الأستاذ ليس فقط أن يقسم قسم الولاء ، بل وأن يرتدى زيا رسميا فخما موشى بالذهب ومحلى بسـيف ، يماثل زى الضابط البحرى ، ولكن آينشتين الـكاره للعسـكرية تبرع بهذا الزى ٠

وفى براغ أيضا التقى آينشتين للمرة الأولى بالمناضـل بول ايرنفست Paul Ehrenfest عالم الطبيعة من فينا وأحد تلاميذ بولتزمان ، والذى كان يزور براغ ، ودعى ليـكون ضيفا على آينشتين ٠ وقد قابله الأخـير فى محطة القطار ، وسرعان ما انخرط الرجلان فى مناقشـات مثيرة استمرت ليومين ، أدى خلالهما الرجلان بعض الثنائيات الموسيقية ، آينشتين على الكمان وايرنفست عـلى البيانو ٠ وكتب الأخير فى يومياته : « نعم سنصبح أصدقاء ، وكنت سعيدا للغاية بذلك » ٠ ويتحدث آينشتين عام ١٩٣٤ عن هذه الزيارة : « خلال بضع ساعات أصبحنا أصدقاء حقيقيين كما لو كانت أحلامنا وآمالنا مشتركة » ٠ وقد كتبت هـذه الكلمـات فى تأبين ايرنفست ٠

وقد ظل آينشتين فى براغ لعام ونصف العام ، وهنـاك كما كان الحال فى زيورخ ، أستاذ غير عادى ٠ لم يكن مزهوا بنفسه أو مختـالا بالمنصب ، ولم يظهـر كثيرا ، أو يحضر

الاحتفالات ، كما لم ينخرط فى الصراعات بين الأساتذة على المناصب ٠

وقد اقترح أن يخلفه ايرنفست فى براغ، ولكن ايرنفست تراجع عن اعلان ديانته اليهودية ، فقد سبق له الالتفاف حول القانون النمساوى ـ المجرى الذى يمنع زواج اليهودى بالمسيحية ، ومن ثم أعلن ايرنفست وزوجته العالمة «تاتيانا» رسميا أنهما « لا دينيان » ، ولم يكن ايرنفست رغم الحاح آينشتين على استعداد لاعلان خلاف ذلك ، حتى ولو شكليا ٠

وفى عام ١٩١١ استطاع آينشتين فى براغ تحقيق مزيد من التقدم فى نظرية النسبية العامة ، والتى كانت تكتمل بشكل بطىء ٠ واستنبط فى عام ١٩١٢ قانونا أساسيا مبنيا على فكرة الكم (الكوانتا) للظاهرة الكيميائية الضوئية ، سرعان ما أثبت معمليا على يد «اميل فاربورج Emil wharburg » فى برلين ٠ فى نفس الوقت ، تلقى فى يونيو عام ١٩١١ دعوة لحضور المؤتمر الأول من سلسلة محاضرات علمية فى بروكسل خلال خريف نفس العام ، وقد ظلت هذه المؤتمرات مرتبطة باسم رجل الصناعة البلجيكى « ارنست سولفاى Ernest Solvay » والذى كان الممول والراعى لتلك المؤتمرات ٠ وقد نظم هذا المؤتمر زميل بلانك فى برلين عالم الطبيعة « والتر نرنست Walter Nernest » ، والذى كان متحمسا لأفكار آينشتين المتعلقة بفكرة الكم فى الحرارة الداخلية ، بعد رفض مبدئى شديد ٠ وكان المدعوون قلة مختارة ٠ وقد أشارت الدعوة لأعمال بلانك وآينشتين عن الكم ، ولم تذكر شيئا عن أفكار الكم الضوئية التى كانت لا تزال مشكوكا فيها ، والتى أوجدت أزمة فى النظرية الفيزيقية ٠ وكان الغرض الأساسى من المؤتمر هو جمع الرواد من علماء

الفيزياء بأمل أن يتمكنوا خلال خمسة أيام متصلة من المناقشات المكثفة فى أماكن فاخرة من علاج الأزمة التى سببتها النظرية الكمية فى الفيزياء النظرية · وقد شارك فى المؤتمر واحد وعشرون عالما ، ورأس الجلسات لورنتز منقطع النظير · وقد كانت دعوة آينشتين لهذا المؤتمر ، رغم أنها حتمية ، مؤشرا حيويا على مكانته ، فقد أصبح بالفعل واحدا من الصفوة ·

ورغم أن المناقشات كانت علمية وحيوية وطويلة ، الا أنها لم تحل المشاكل ، وبدا كما لو كان المؤتمر لم يحقق شيئا ، لكنه كانت له تداعيات هامة على الفيزياء النظرية ، فقد أعطى ، من بين أشياء أخرى ، للنظرية الكمية المحيرة وضعا لم يكن لها من قبل ، فقد كان لمجرد اقتناع بوانكريه واسع النفوذ بأن لهذه النظرية أهميتها بداية لما تمخضت عنه الأحداث بعد ذلك ·

وقد كتب آينشتين فى نوفمبر عام ١٩١١ خطابين لصديقه الحميم البروفيسور هنريش زانجر Heinrich Zangger ، مدير معهد الطب الشرعى فى جامعة زيورخ ، تضمنا بعض انطباعاته عن المؤتمر ، نقتطف منها ما يلى :

« ترأس لورنتز الجلسات بكفاءة لا تبارى واقتدار غير عادى ، وهو يتحدث اللغات الثلاث بنفس الطلاقة علاوة على قدراته العلمية الفريدة ، وقد تمكنت من اقناع بلانك بالكثير من مفاهيمى بعد أن عارضها لسنوات · هو رجل فى غاية الأمانة ، يفكر فى الآخرين ولا يفكر فى نفسه · كان الأمر مثيرا للغاية فى بروكسل · وبالاضافة للعلماء الفرنسيين المشاركين ، كورى ..... لانجفين Langevin ، برين Perrin ، بوانكريه

والألمان نرنست ، روبنز Robins ، فاربورج Warburg ، وسومرفيلد Sommerfeld وكان هناك رذرفورد Rutherford وجينز Jeens ، وبالطبع لورنتز وكامر لينج أونس Kamerling-Onnes
ولورنتز فلتة فى الذكاء والكياسة ، ... كان بوانكريه ببساطة عدائيا (تجاه النظرية النسبية)، ورغم كل قدراته الا أنه أظهر فهما محدودا للموقف ، بينما بلانك حبيس مفاهيم مبدئية فاسدة ... ولم يكن أحد يعلم أى شىء » .

بمجرد أن أصبح آينشتين أستاذا فى براغ بدأ جروسمان وبعده بقليل زانجر وآخرون فى البحث عن طريقة لاعادته الى زيورخ . الى معهد البوليتكنيك هذه المرة ، وقد أرسلت طلبات للأفراد المبرزين حول تقييمهم لآينشتين ، وقد ردت مدام كورى بعد انهاء مؤتمر سولفاى بفترة وجيزة بشهادة باهرة :

« لقد أعجبت كثيرا بالأعمال المنشورة لآينشتين حول الفيزياء النظرية الحديثة . والأكثر من ذلك أنى أعتقد أن الفيزيائيين الرياضيين كلهم متفقون على اعتبار هذه الأعمال على أرقى مستوى . وفى بروكسل ، حيث حضرت مؤتمرا علميا شارك فيه آينشتين ، أعجبت بوضوح ذهنه وسعة مراجعه وبروز علمه ، وباعتباره مازال صغيرا للغاية ، فمن حقنا أن نضع فيه آمالا كبارا، وأن نرى فيه واحدا من المنظرين الرواد فى المستقبل . وانى أرى أن المعهد العلمى الذى يعطى آينشتين الفرصة فى العمل الذى يرغبه ، بتعيينه

فى منصب الأستاذية بالشروط التى هو جدير بها سيشرف للغاية بهذا القرار ، وسيؤدى خدمة كبرى للعلم بكل تأكيد » ٠

ومن بين آخرين كتبوا دعما لآينشتين كان بوانكريه ولرسالته أهمية خاصة :

« السيد آينشتين واحد من المفكرين الحقيقيين الذين قابلتهم ، ورغم صغر سنه الا أنه احتل لنفسه موقعا مشرفا بين كبار العلماء فى عصره ٠ وما يستحق الاعجاب بشكل خاص هو قدرته على التكيف بسهولة مع المفاهيم الجديدة واستخلاص النتائج ٠ وهو ليس متمسكا بالمبادىء الكلاسيكية ٠ وعندما يواجه مشكلة فى الفيزياء سرعان ما يتوصل الى كافة احتمالاتها ٠ وهو يؤدى فوريا الى توقع ظواهر جديدة يمكن تحقيقها معمليا يوما ما ٠ ولا أعنى بذلك أن كل توقعاته ستجتاز الاختبار المعملى ، فلأنه يعمل فى كل الاتجاهات فعلى المرء أن يتوقع أن يكون معظمها طرقا مسدودة ، ولكن المرء يأمل فى الوقت نفسه أن أحد هذه الاتجاهات التى طرقها يمكن أن تؤدى للاتجاه الصحيح ، وهذا يكفى ٠ فهكذا يجب أن يكون التحرك ٠ ان دور الفيزياء الرياضية هو طرح الأسئلة ، وعلى التجربة العملية فقط الاجابة عليها » ٠

وفى يناير عام ١٩١٢ عين آينشتين بوظيفة الأستاذية لمدة عشر سنوات بالمعهد ذائع الصيت ، وقد علا نجمه فى تلك الآونة ، وأصبح مطلوبا ٠ وعندما كان فى براغ تلقى

عروضا للعمل كأستاذ فى اوتريخت ولايدن ، وفى الأخيرة كخلف للورنتز الذى كان مقبلا على التقاعد . وعرض آخر من فينا براتب ضخم . ولكن قلب آينشتين كان معلقا بزيورخ التى ارتبط بها فعلا . وعن هذا العرض الأخير كتب لصديقه زانجر فى صيف ١٩١٢م : « لقد رفضت ... فلم يكن شيئا مشرفا أن « أبيع » نفسى بهذه الطريقة ، وأخدع الناس » .

وعلى ذلك فقد عاد آينشتين كأستاذ بمعهد البوليتكنيك بزيورخ ، الذى فشل منذ عدة سنوات فى اختبارات الانضمام اليه ، وحيث حاول بعد التخرج بلا جدوى العمل به . ونتحدث فى الفصل التالى عن أعماله الهامة هناك ، أما عن وظيفة الأستاذية فى لايدن ، وبعد تعذر التعاقد مع آينشتين، فقد اختار لورنتز ايرنفست خلفا له فى المنصب .

قدر لآينشتين ألا تطول اقامته فى زيورخ ، فقد خطط كل من بلانك ونرنست لاعادته لبرلين . وسافرا فى صيف ١٩١٣م لتقديم عرض له شخصيا ، أن ينتخب فى هذه السن المبكرة (٣٤ عاما) للانضمام للأكاديمية البروسية الملكية للعلوم ، ذات الصيت الذائع ، وأن يحمل لقب الأستاذية ، وأن يصبح مديرا لفرع البحث العلمى لمعهد «القيصر ويلهلم» المزمع انشاؤه . وسوف يكون على اتصال وثيق ببعض كبار العلماء فى ألمانيا ، والأهم من ذلك كله ، من حقه التدريس أو عدم التدريس بحسب رغبته ، وبامكانه اذا رغب أن يكرس كل وقته ومجهوده للعمل فى أبحاثه .

كان هذا هو العرض ، وكان قبوله رسميا أمرا متوقعا ، فاذا كان الأمر كذلك ، فهل يقبله آينشتين ؟ بعد دراسة متأنية ، وجد الرجل نفسه غير قادر على الرفض .

ولنتذكر أنه بينما كان الرجلان يحاولان استمالة آينشتين للعمل فى برلين ، لم يكونا بعد من المؤيدين لنظريته الكمية للضوء ، ولم يكن بعد قد وضع نظريته التاريخية عن النسبية فى صورتها النهائية • فحتى بدون هذين العملين الكبيرين ، كان قد اعتبر من أعظم العلماء فى عصره •

وبمعاونة نرنست وروبنز ووابورج ـ كلهم من كبار علماء برلين أعضاء فى الأكاديمية البروسية للعلوم . وقد ذكرهم آينشتين فى خطابه لزانجر عن مؤتمر سولفاى ـ كتب بلانك طلبا بخط اليد ووقع عليه من كل الأربعة ، وقدم لوزارة التعليم ، وفيه أثنى على آينشتين كعالم ، وألح على السلطات بأنه يستحق ما يتمنون أن تمنحه الدولة له باسم القيصر ، ورغم أنه يهودى سويسرى ورغم اصراره على ألا يطلب أن يصبح مواطنا ألمانيا ••• ، وفى هذه الوثيقة اعتذر بلانك عن الانتقادات التى قدمناها فى الفصل الرابع عن فكرة آينشتين عن النظرية الكمية للضوء •

وكان لآينشتين وساوسه أن يشبه الدجاجة التى يتوقع منها أن تبيض ذهبا ، فهل يمكنه توليد المزيد من الأفكار عند الطلب ؟ وكما قال بعد سنوات فى موقف مختلف : « تأتى الأفكار من عند الله » ، أيضا لم يكن يثق فى العسكرية الألمانية • ولكن العرض كان لا يقاوم ؛ وفى أبريل من عام ١٩١٤م ترك هو وأسرته سويسرا المحايدة تقليديا الى برلين• لقد حقق القمة فى عمله ، وكان معروفا لكل علماء العالم ، ولكن ليس بعد للعامة •

★★★

الفصل الثامن

من البرينسيبئ
الى برنسيب

فى صيف عام ١٩١٤م ظل آينشتين فى برلين ورحلت « ميليكا » مع الأولاد الى زيورخ ، وكانت تلك نهاية الزواج عمليا ٠

ومع أغسطس كانت بداية الحرب الأولى ، وبهدف تحقيق انتصار سريع قام الألمان بحركة تطويق مباغتة انتهكوا فيها حياد بلجيكا بشكل متعمد ، واستمر القتال حتى نوفمبر من عام ١٩١٨م ، وخلف ملايين من القتلى ٠ واجتاحت المشاعر الوطنية طرفى النزاع ، وانخرط العلماء والمثقفون فى الصراع بتعطش دموى ، لا علمى ولا عقلانى، هز مشاعر برتراند راسل فى بريطانيا وآينشتين فى ألمانيا٠ وفى محاولة لتخفيف الأثر النفسى السلبى لغزو بلجيكا أصدر الألمان للعالم المتمدين اعلانا أنكروا فيه أنهم مذنبون ، وصوروا العسكرية الألمانية كمدافع لا لوم عليه عن الحضارة الألمانية ٠ وقد وقع على الاعلان ثلاثة وتسعون مثقفا ألمانيا، من بينهم بلانك ، وقد لاقى هذا الفعل رفضا كبيرا فى الخارج ٠

وقال آينشتين فيما بعد انه كمواطن سويسرى لم يطلب منه التوقيع على البيان ، ولم يكن ليفعلها على أية حال ، وعلى الفور تعاطف مع زميله الأستاذ جورج نيكولاى الذى كان يعد بشجاعة كبيرة لاعلان مضاد « اعلان الى الأوربيين » • وقد اتخذت هذه الوثيقة التى عاون فى اعدادها آينشتين ، طبقا لرواية نيكولاى ، موقفا مضادا بشكل حاد للمانيفستو الألمانى • وقد نادت بالتعاون بين العلماء فى الدول المتحاربة من أجل مستقبل أوربا ، واقترحت انشاء جامعة أوربية • ولم يجرؤ على التوقيع على هذه الوثيقة سوى أربعة ، آينشتين ونيكولاى واثنان آخران •

لم يشارك آينشتين فى الحرب ، بل قدم كل امكاناته المتواضعة من أجل قضية السلام ، وبتركيز محموم أغرق نفسه فى أبحاثه • كان يختلس الوقت لأبحاثه فى مكتب البراءات ، والآن وهو يعمل فى جامعة برلين بينما أوربا تنزف دما لم يستطع مجددا الافلات من الاحساس بالذنب • ونتوقف عند هذه النقطة لنتحدث عن عمله فى النظرية النسبية العامة ، ولنفعل ذلك على مهل ، فالنظرية لم تبن بين عشية وضحاها •

ولنتساءل أولا ، ماذا عن نظرية الجاذبية لنيوتن ؟ من الواضح أنها لم تعد على حالها بعد وضع النسبية • لم تكن نظرية للمجال كنظرية ماكسويل ، والتى فيها يرسل المجال تأثيراته الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء • ففى نظرية نيوتن ليس هناك انبعاث مشابه • والجاذبية قوة لحظية تؤثر على البعد • بمجرد أن ترفع اصبعك يظهر أثرها خلال الكون • ومع ذلك ، وطبقا لنظرية النسبية ، لا شىء ينتقل بأسرع من

سرعة الضوء . واضافة الى التعدد الهائل للتزامنات ، كيف يمكن أن يكون التأثير لحظيا فى كافة أرجاء الكون ؟ بل ان رؤية نيوتن نفسه لهذا الأمر تبدو من ثنايا هذا الخطاب .

« كون الجاذبية شيئا لازما فى المادة ، بحيث يمكن لجسم أن يؤثر على جسم آخر عن بعد خلال الفراغ بدون تدخل خارجى يمكن به ومن خلاله أن ينتقل الفعل والقوة من أحدهما الى الآخر ، ذلك شىء يبدو لى غاية فى الغرابة ، لا يمكن لرجل لديه القدرة على التفكير فى المسائل الفلسفية أن يقتنع به » .

الكثير من العلماء ، ومن بينهم آينشتين ، كانوا يبحثون عن طرق نسبية لتعديل نظرية نيوتن عن الجاذبية . ومنذ البداية تقريبا كان آينشتين معنيا بمشكلة أكثر عمقا ، فقد تساءل « لم تكون الحركة المنتظمة حالة خاصة ؟ » الأفضل والأقرب للاقناع أن تكون الحركة مطلقة ، منتظمة أو غير منتظمة ، نسبية .

ولكن الحقائق كانت ضده بشكل واضح ، فمن الطبيعى أن العجلة مطلقة ، كلنا يعلم ذلك ، ولسنا بحاجة الى دراسة « البرينسيبا » لتقتنع به ، ففى مركبة تتحرك ، لا تشعر بالحركة المنتظمة ، ولكننا نشعر بالعجلة بمجرد أن يحدث تغير ما فى الحركة ، سواء فى السرعة أو الاتجاه .

أمام مثل هذه الحقائق الصارخة لم يكن بامكان آينشتين اعتبار العجلة نسبية ، ولكنه ليس ممن يتراجعون أمام الحقائق المضادة التى تعاكس حدسه . اضافة الى أن الانتقادات السابقة للفراغ والحركة المطلقين خاصة من

« ماخ » لعبت دورا رئيسيا فى تحديد الطريق أمام آينشتين، ودعمت من ثقته رغم أن الطريق الذى اختطه كان خاصا به، لذلك قال ماخ أشياء قاسية عن نظرية النسبية الخاصة ٠

وفى ورقته عام ١٩٠٧م التى قدم فيها آينشتين معادلته: ط = ك × ح ٢، كان قد بدأ بالفعل فى هجومه على قضية العجلة ، وقد عاد اليها مجددا فى بحث براغ عام ١٩١١م ٠ وتعتبر حجته فى البحث الأخير من أعظم الانجازات فى تاريخ العلوم ، ليس فقط لما نتج عنها وانما أيضا لأن آينشتين ، اذا جاز التعبير ، قد اقتحم معسكر خصومه ٠ ووجد من بين أسلحتهم ما يمكنه (هو فقط ولا أحد سواه) من قلب المفاهيم التى كانوا يدافعون عنها ٠ ولنأت الى جوهر القضية ٠

هل العجلة مطلقة ؟ حسنا ، فلنعتبرها كذلك ، ولنر ما يمكن استخلاصه من ذلك ٠ ولنتصور مركبة (معملا صغيرا) فى الفضاء ، بعيدة عن الأجسام الجاذبة ، بحيث ان من بداخلها لا يشعر بالوزن ٠ ولنفرض أنها تتحرك فى الاتجاه لأعلى فى عجلة منتظمة ، تتزايد فيها السرعة بمقدار ٣٢قدم/ثانية ٠

العجلة نسبية ؟ لماذا ؟

ولماذا نتساءل؟ ألسنا متفقين على أن العجلة مطلقة ؟ بلى، ولكن اذا كانت السرعة المنتظمة نسبية ، فما معنى قولنا ٣٢ قدم/ثانية ؟ذلك ما لا يمكن بحثه فى المعمل ٠

لا تلاعب بالألفاظ ، رغم أن السرعة لا يمكن استشعارها هناك الا أنه بالامكان استشعار العجلة ، التزايد فى السرعة

بمقدار ٣٢ قدم/ثانية كل ثانية • فهى على سبيل المثال تعطى لركاب المركبة الاحساس بالوزن •

اذا تضمنت هذه الاجابات الحاسمة شيئا من البلبلة ، فهذا أمر طيب • فهى تظهر أن هناك شيئا غير طبيعى ، أن نكيل بمكيالين فى مسألة النسبية ، فنلحقها بالسرعة المنتظمة، ولكن ليس بالعجلة • ومع ذلك فنحن نعلم من خبرتنا اليومية بأن العجلة مطلقة ، وقد قال بذلك أيضا نيوتن ، وهو رجل له شأنه ، بل وأقر بذلك آينشتين ، بشكل ما ، لأن العجلة مطلقة فى النظرية النسبية الخاصة •

ولنعد الآن الى المعمل المتسارع « لأعلى » بعجلة مقدارها ٣٢ قدم/ثانية • كل الأجسام الحرة فيه تتحرك بانتظام فى خطوط مستقيمة ، هذا ما يقوله القانون الأول لنيوتن ، ولكن بالنسبة للمعمل المتسارع ، ستبدو هذه الأجسام غير المتسارعة كما لو كانت متسارعة « لأسفل » ، بمقدار ٣٢ قدم / ثانية • وبقياس هذه العجلة على سبيل المثال يمكن تأكيد أن معملنا له بالفعل عجلة مطلقة « لأعلى » مقدارها ٣٢ قدم/ثانية كل ثانية •

ولكن مهلا ، ان الأجسام مهما كان تكوينها لها نفس العجلة المتناقصة ، ألم تسمع بذلك من قبل ؟ بالطبع ، ففى القصة المألوفة عن جاليليو وهو يرمى أشياء من برج بيزا المائل ، كان لكل الأجسام الساقطة بتأثير الجاذبية نفس العجلة ، (مع اغفال مقاومة الهواء) • ولهذا فعلى الأقل ، وفيما يتعلق بالأجسام الملقاة ، فان التأثيرات فى المختبر الصغير المتسارع فى الفضاء تماثل التأثيرات فى مختبر صغير غير

متسارع على الأرض · ويمكن أن نمضى لأبعد من هذا ، فمن التجارب الأولية فى الفيزياء تبين أن كل التأثيرات الميكانيكية، وفقا لقانون نيوتن ، فى المختبر فى الفضاء تكون نسخة بالضبط لما يحدث للمختبر على الأرض ·

كنا نعتقد أن التجارب الميكانيكية داخل المختبر الفضائى سوف تبين لنا أن المختبر يصعد لأعلى بعجلة متزايدة مقدارها ٣٢ قدم/ثانية[٢] ، فاذا بها تبين لنا أننا فى مختبر على الأرض، تحت تأثير الجاذبية · وبهذا المفهوم الميكانيكى فان العجلة ليست مطلقة بحال من الأحوال ·

لاحظ الجرأة فى هذا الجدل ، فقد بدأنا بالتسليم بأن العجلة مطلقة ، واسترسلنا فى القياس بهذا المفهوم ، واستخدمنا قوانين نيوتن بشكل مباشر ، وفجأة نجد أنه فيما يتعلق بالتأثيرات الميكانيكية فان العجلة نسبية ·

هذه النتيجة الهامة مبنية على مفاهيم بسيطة معروفة للعلماء منذ قرون ، وهى مفاهيم لها مضامين لم يكن لأحد سواه من الفطنة لادراكها طيلة هذه السنوات · وهنا كانت (ضربة المعلم) العبقرية · فهو وقد وصل الى هذا الحد ، فقد قام بحذف عبارة « فيما يتعلق بالتأثيرات الميكانيكية » ، وأعلنها صريحة وبلا تخصيص ، أن العجلة نسبية · كيف فعل ذلك ؟ باعلانه عام ١٩٠٧م عما أسماه « مبدأ التعادلية Principle of equivalence » ، وهو مبدأ شهير بحق ، وينص فى مضمونه على أنه « ليس لتجربة داخلية ، ميكانيكية أو غير ميكانيكية ، أن تكشف أى فرق بين المختبر الصغير المتسارع فى الفضاء بالعجلة المذكورة ، وقرينه القابع على الأرض » ·

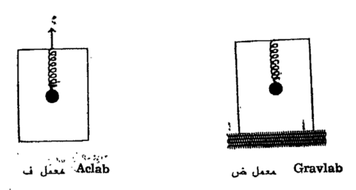
لم يكون لذلك كل هذه الأهمية ؟ علينـا أن نكتفى فى الوقت الحاضر باجابة هامة ، وان كانت ثانوية نسبيا : لأن آينشتين استطاع اجراء حسابات تقريبية بسيطة فى مختبر متسارع ، وقد أمكنه نقل النتائج الى مختبر واقع فى مجال الجاذبية ، ولهذا قدم توقعات قابلة للاختبار عن الجاذبية ٠

وسنرى ذلك بأنفسنا حالا ٠ ولكن قبل أن نستطرد علينا أن نملأ الفراغ الكبير بذكر هذه اللمحة الحاسمة من البصيرة التى وجهت ذهن أينشتين فى هذا الاتجاه بالتحديد ٠ ولحسن الحظ فقد بين بنفسه فيما بعد كيفية تطور هذه الأفكار ٠ لقد غير نظرية نيـوتن عن الجاذبيـة لتتناسب مع النظرية النسبية الخاصة ، لكن الحسابات أقنعته أنه ، وفقـا لهـذه النظرية الجديدة ، فان الأجسام ذات الطاقات المختلفة تسقط بعجلات مختلفة ٠ وهذا يناقض نظرية جاليليو التى تقضى بأن الأجسام كلها تسقط بنفس العجلة ٠ وقال آينشتين : «ان هذا القانون الذى يمكن أن يسمى قانون تساوى كتلة القصور الذاتى وكتلة الجاذبية ، قد وضـع بالنسـبة لى فى موضعه الصحيح ، بكل ما فيه من أهميـة ٠ ولقد دهشت له بشـكل بالغ ، وخمنت أن يكمن فيه الفهم الأعمق للقصور والجاذبية» ٠ ان ما أشرق فى ذهن آينشتين هو أن هنـاك شـيئا مريبا فى طريقة تفسير نظرية نيوتن لقانون جاليليو ، لقـد استخدم نيوتن مفهوم الكتلة بمعنيين ، الأول كمقياس لقصور الجسم ، ودرجة مقاومته للتغير فى الحركة ، والثانى كمقياس لتأثير الجاذبية على الجسم ، اذا ما تضـاعفت كتلة الجسـم ، فان الأرض تجذبه بقوة مضاعفة ، وحيث ان مقـاومة القصـور الذاتى للحركة ستتضـاعف أيضا ، فان العجلة ستظل كمـا هى ٠ لذا فان نيوتن فسر قانون جاليليو بأنه اعتبر أن كتلة

القصور وكتلة الجاذبية هما نفس الشيء ، ولكن ذلك يخفي حقيقة الاختلاف الجوهري بينهما • وقد تنبه أينشتين فجأة الى أن هذا التساوي ما هو الا مصادفة عددية محضة ، أما آينشتين فمن خلال مبدأ التعادلية جعل من قانون جاليليو حجر الزاوية لنظريته العامة للنسبية ، بهذا فقد تعامل معه كأحد الأساسيات ، وليس كنتيجة لمصادفة عارضة • كان بذلك ينحو نحو أعلى صورة من التبسيط •

ولننظر الآن في بعض ما استخلصه آينشتين من مبدأ التعادلية ، ما بين عامي ١٩٠٨ و ١٩١٨م ، ونشير للمختبر المتسارع في الفضاء ب « معمل ف » • والمختبر الأرضي داخل نطاق الجاذبية « معمل ص » •

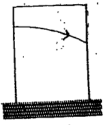
أولا ، نتصور كتلة من المادة معلقة في زنبرك من سقف معمل ف • ومثلها تتدلى من سقف معمل ص ، تحدث استطالة في الزنبركين ، في الأول بسبب قصور الكتلة للعجلة ، وفي الثاني بسبب الجاذبية • الاستطالتان متساويتان ، ولذا فان كتلة القصور وكتلة الجاذبية متساويتان • وليس ذلك مستغربا ، لأنه من أساسيات مبدأ التعادلية •

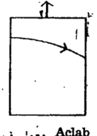


والآن لنفرض أن الكتلتين تمتصان نفس القدر من طاقة الاشعاع ، عندئذ ، وطبقا للمعادلة ط = ك × حـ ٢ فان كل

كتلة تكتسب المزيد من الوزن ، ويستطيل الزنبركان بمقدار اضافي متساو . لماذا ؟ لأن مبدأ التعادلية يؤكد أن ما يحدث في المعمل الأول يحدث في الثـاني تحت نفس الظـروف . ولكن في حالة الاستطالة الاضافية في المعمـل الفضائي ، فهي مقياس لكتلة القصور ، أما في المعمل الأرضي فهي مقياس لكتلة الجاذبية . لذلك فان للطاقة كتلة جاذبية وكتلة قصور متساويتين . وهنا تتشكل وحـدة آينشتين بتناسـقها أمام أعيننا بلا أية اشارة للرياضيات . ان الخاصية المميزة في الواقع لأعمال آينشتين في عامي ١٩٠٧ و ١٩١١م هي أنه توصل لأهم نتائجه مستخدما ، في أغلب الأحيان ، أبسـط المبادىء الأولية . ومن النادر أن أظهر شخص مثـل هـذا الحدس المذهل .

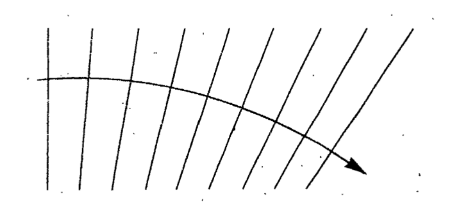
ولنمض مع آينشتين ، نتصور شـعاعا من الضـوء في المعمل الفضائي ، ينتقل في خطوط مستقيمة (في الفراغ المطلق) ، ولكن نتيجة للعجلة المتسارعة ، فانه سيبدو كمـا لو كان منحنيا لأسفل بالنسبة للمختبر نفسه(٥) . لذلك ، كما استخلص آينشتين عام ١٩٠٧ م ، فان شعاع الضوء المنتقل خلال المعمل الأرضي سوف ينحني أيضا ، ان « أشعة الضـوء تنحني بفعل الجاذبية !! » .


معمل ض Gravlab

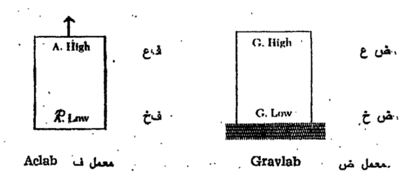

معمل ف Aclab

(٥) مقدار الانحناء في الشكل مبالغ فيه بقدر كبير .

وهذه نتيجة هامة في حد ذاتها ، ولكنها لها تداعياتها أيضا ، اذا ما اعتبرنا أن الضوء على هيئة موجات ، عندئذ ، وكما هو مبين فى الشكل التالى، فان الانحناء فى اتجاه الأشعة لأسفل يعنى أن الجزء الأخير من الموجة سيكون متأخرا ، وماذا يعنى ذلك ؟ أن سرعة الضوء ليست ثابتة ، وان الجاذبية تتحكم فيها • محض تجديف ! ومن آينشتين نفسه •



ولكننا لم ننته بعد من مبدأ التعادلية • دعنا نضع الأفراد: الأفراد : ف خ ، و ف ع ، و ض خ ، و ض ع ، كما هو مبين فى الشكل فى أعلى وأسفل المختبرين الفضائى والأرضى ، وبيد كل منهم ساعة دقيقة • وقد بين آينشتين ، وبدون الدخول فى



تفاصيل ، أنه بسبب العجلة فانه في المختبر الفضائي ، سيجد الفرد العلوى ساعة زميله السفلي أبطأ من ساعته هو ، بينما يرى السفلي ساعة زميله العلوى ـ مفاجأة أسرع من ساعته هو (٦) • وتطبيقا لمبدأ التعادلية ، يجب أن يرى الفرد العلوى ساعته أسرع من ساعة زميله ، ويرى السفلي ساعته أبطأ من ساعة زميله ، ومعنى ذلك أن الجاذبية تسبب انحرافا فى الوقت ، وتفعل ذلك بصورة غير متوقعة •

لم يكن آينشتين يستكشف الأفكار فقط ، وانما كان يبحث أيضا عن التأثيرات الممكن تأكيدها معمليا • ولنأخذ قضية الاختلاف فى سرعة الساعات ، ولنستبدل بها تردد الضوء الصادر من الذرات ، عندئذ ، وكما بين آينشتين عام ١٩٠٧م ، عندما نقارن الضوء المنبعث من ذرات على الشمس بمثيلتها على الأرض ، نجد أن الأولى أقل بجزء من المليون من الثانية ، ولأن هذا التأثير يتضح فى انحراف بسيط لخطوط الطيف تجاه اللون الأحمر ، فانه يسمى « الانحراف الأحمر للجاذبية » •

أما فيما يتعلق بانحناء الضوء بفعل الجاذبية ، فلم يكن هناك من وسيلة متاحة فى ذلك الوقت لاختبارها ، ولكنه فى عام ١٩١١م توصل الى ذلك ، بحساب الانحراف فى شعاع الضوء القادم من أحد النجوم ، عندما يتصادف مرور ذلك الشعاع بجوار الشمس ، حيث قدر الانحراف الظاهرى فى

---

(٦) يمكن تفسير ذلك بالاتى : تخيل أن ساعة الفرد السفلى تبعث بترددات ضوئية للعلوى ، فبسبب أن العلوى يتباعد ، فان معدل وصول الموجات له تقل شيئا فشيئا ، ومن ثم يحدث الانحراف المشار اليه (ويسمى تأثير دبلر) ، أما الموجات الصادرة من العلوى للسفلى المقترب هذه المرة ، فان تأثير دبلر سيكون فى اتجاه معاكس •

موضع النجم بمقدار ٠,٨٣ ثانية دائرية (٧) ، وأن هــذا الانحرف يمكن الاحساس به خلال كسوف كلى ٠

وقد قام عالم الفلك الألمانى ايروين فينلاى ــ فرويندليش Erwin Finely-Freundlich ، باحثـا عن أدلة هذا الانحراف باختبار الصور الفوتوغرافية المتاحة عن الكسوف بلا نجاح ، ولما كان من المتوقع حدوث كسوف كلى فى روسيا عام ١٩١٤م، فقد سافر الى هناك لاختبار نظرية آينشتين ، وقد كان عدم تمكنه من ذلك بسبب اندلاع الحرب نوعا من سوء الحظ ، ولكن كما سنرى فقد كان للأمر جانبه المشرق أيضا ٠

ورغبة منه فى معرفة ما اذا كان انحراف أشعة الضوء هى واقعيا بفعل الشمس ، فقد كتب آينشتين من زيورخ فى ١٤ أكتـوبر عام ١٩١٣ م لعـالم الفلك الأمريكى الشـهير « جورج هيل George Hale » متسائلا عن امكانية اختبار ذلك دون انتظار للكسوف ، وبعـد استشارة زملائه رد عليـه باستحالة ذلك ، وكان لذلك أيضا جانبه المشرق ٠ ولخطاب آينشتين هذا أهمية كوثيقة شخصية ، خاصة وأنه كتبه بعـد دعوته لبرلين ، ولكن قبل أن يغادر زيورخ ٠ ويقول فى هذا الخطاب انه يكتبه بناء على نصيحة زميله البروفيسور مورر Mourer ، وأيضـا ، جعل البروفيسـور مورر يكتب فقرة يقول فيها : « شكرا جزيلا عـلى الرد عـلى السـيد الأسـتاذ آينشتين ، زميلى المبجل فى الكلية » وقد أعطى توقيع مورر مع خاتم الكلية الرسمى وزنا اضافيا ٠ ومن هـذا نرى أن آينشتين كان حريصا عـلى أن يعامل طلبه بجدية ، وأنه

---

(٧) التقدير الصحيح هو 0.87 ، ولكن آينشتين لم يكن ماهرا فى الحساب ٠

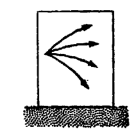
بتواضعه الداخلى لم يكن متأكدا من آن اسمه فقط سيكون له التأثير المطلوب ، هكذا كان الرجل ، وتلك كانت طبيعته • وفى مثل هذه الظروف كان من المتوقع آن يولى آينشتين عناية خاصة فى كتابة الرسالة ، ولكنها لم تكن تخلو من كلمات مشطوبة ، فهو معنى بالمضمون الأساسى وليس بالشكل ، وتلك لمحة آخرى عن آينشتين الرجل •

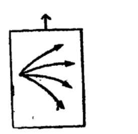
وحتى بدون أدلة عينية ، كان آينشتين واثقا من مبدأ التعادلية الذى وضعه • وكان مدركا تماما أنه مجرد تصور مبدئى ، يعتبر بداية انطلاق تجاه شىء يحسه بشكل غامض وغير محدد ، ولم يتخذ شكله النهائى بعد • ولكنه كان يعلم بداخله أنه يحوى قدرا كبيرا من المفاهيم الطبيعية والجمالية ، وهى التى يسترشد بها • فأولا وقبل كل شىء فيها الوحدة الفنية ، حيث لا داعى لافتراض نوع من النسبية للتأثيرات الميكانيكية وآخر لبقية الفيزياء ، اضافة الى أنها بالنسبة له كانت المؤشر الحاسم أنه لم يكن واهما أو حالما عندما رغب أن تكون الحركة كلها نسبية ، والأكثر من ذلك أنها أظهرت أن تحقق رغبته سيؤدى الى نظرية للجاذبية لا يمكن احتواؤها ضمن اطار نظرية النسبية الخاصة • وكما لو كان ذلك غير كاف ، سنرى الدقة غير العادية التى قاده بها مبدأ التعادلية وصولا الى النظرية العامة للنسبية ، وكلها نابعة من تبصر مدهش ومفاجىء بخصوص تعادل كتلة القصور وكتلة الجاذبية فى نظرية نيوتن ، ولا يعنى هذا عدم وقوع آينشتين

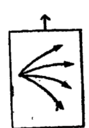
فى أخطاء خلال هذا العمل ، ولكن حدسه على الدوام كان يعيده للطريق الصحيح ٠

لا تتحقق الانجازات العلمية بسهولة ٠ مازال أمام آينشتين الكثير ٠ ما هى خطوته التالية ؟ الى تأثير الجاذبية على سرعة الضوء ، حيث ان هذا يجب النظرية النسبية الخاصة التى تقول بثبات سرعة الضوء لكافة المشاهدين ٠ كذلك كان المعروف بالنسبة لعلماء الطبيعة ولأكثر من قرن من الزمان أن قانون نيوتن عن « الفعل عن بعد » للجاذبية يمكن التعبير عنه بمعادلة « مجال » واحدة لحساب كمية رياضية متغيرة تسمى « جهد الجاذبية » ٠ لماذا لا تلعب سرعة الضوء المتغيرة الدور النسبى لجهد الجاذبية النيوتونى ؟ كانت فكرة جيدة لاقت قبولا لدى آينشتين ، ولكن بعد العمل عليها اقتنع بأن التوصل لنظرية مقبولة عن الجاذبية ، لا يمكن أن يتم بسهولة ٠ وكان هذا التخبط ارهاصا بفتح كبير ، لأنه اذا لم تكن سرعة الضوء المتغيرة كافية لتمثيل الجاذبية رياضيا ، فمن غيرها يكون ؟

لننعش ذاكرتنا عن المختبرين الفضائى والأرضى ٠ لو كان المعمل الفضائى غير خاضع للتغير فى السرعة ، فان الجسيمات الحرة تتحرك خلاله فى خطوط مستقيمة، وسرعة ثابتة ، وذلك وفقا لقانون القصور الذاتى ، وللقانون الأول لنيوتن ٠ وعندما ندخل التسارع على المختبر ستبدو الجسيمات وكأنها تتساقط لأسفل ، كما لو كانت تحت تأثير جاذبية كالتى فى المعمل الأرضى ٠







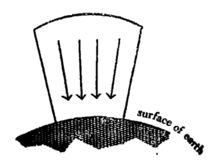
المسارات فى معمل ض المسارات فى معمل ف المسارات دون تسارع

وقد أعد آينشتين خطة لهذه الحملة · ونفسرها بشكل مبسط : أولا ، نضع قانون القصور فى شكله النسبى الذى ينص على أنه فى نطاق الزمكان ، فان الخطوط الكونية للجسيمات غير المتحركة تكون مستقيمة · عندئذ، وبالتحويل الرياضى ، نمثل الموقف فى المعمل الفضائى ، وبشكل تلقائى فان ذلك يمثل الموقف فى المعمل الأرضى فيزيقيا ، وبذلك يمكن الحصول على لمحة عن كيفية التعامل مع الجاذبية رياضيا ·

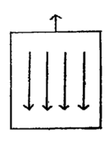
لماذا لمحة ؟ لماذا لا تكون نظرية متكاملة؟ لأن النتائج تعبر فقط عن التأثيرات المحلية للجاذبية ، حيث انه لو كان المعملان كبيرين بدرجة كافية ، عندها لن يكون التماثل تاما · ونرى ذلك فى الشكل التالى، والذى يبدو فيه أثر انحناء الأرض حين يكون المعمل الأرضى كبيرا على افساد التماثل ·

عموما ، كل لمحة تكون لها قيمتها حينما يكون الطريق غير واضح · وبالفعل كان الأمر كذلك ، فقد واجهت آينشتين

مجموعة من المشاكل المتـداخلة . فانحراف الـزمن بفعـل الجاذبية بين لآينشتين أن الفراغ بارتباطه الحميم بالزمن ، يجب أن ينحرف هو أيضا بفعل الجاذبية . والأكثر من ذلك، فان الانتقال الى المختبر المتسـارع يستتبع تشـوها فى نظام الأبعاد للزمكان ، هذا التشوه يعنى أن الأبعاد لم تعد مرتبطة بشكل مباشر بمقاييس الزمن والأطوال القياسية . ولكونه كان محروما من أجهزة القيـاس الفيزيقيـة ، فقـد أحس آينشتين بأنه ضائع ، ومضى وقت طويل قبل أن يتبين أن هنا أيضا توجد لمحة ، ولمحة قوية أيضا . لقد كان مضطرا لاعادة دراسة مشكلة المحاور والمقـاييس برمتهـا ، ولم تكن المهمة سهلة .



مسارات متقاربة
للأجسام الساقطة
فى معمل ض على
سطح الأرض



اشعة متوازية
لأجسام ساقطة
فى معمل ف كبير

بصيرته النفاذة هى التى مكنته من الاستمرار . ليـكن مدخلنا لهذه المسألة عن طريق التشبيه : سيارتان تصطدمان. يأتى الشرطى ليسـجل بيانا بالمحـاور ، الزمن والمـكان ، للحادث ، ونفرض أن المكان هو تقاطع شارعى ٢٠ و ١٥ . عندئذ نتصور مدينة مخططة بصورة جيدة ، وموقعة عـلى

ورقة مربعـات ، مما يمكننا من تحديد المسـافة بين موقع الحادث ونقطة الشرطة مثلا الموجودة عنـد تقـاطع شارعى ٥ و ٨ • أما لو كان المكان قد حدد بأنه تقاطع شارعى كذا وكذا وأن نقطة الشرطة عند تقاطع شـارعى كيت وكيت ، عندئذ نأخذ فكرة عن مدينة عشوائية ليس فيها ما يعطينـا فكرة عن المسافات ، الا مع وجود خريطة •

ليس صحيحا أنه ليست لدينا أية فكرة • فنحن نعرف أن السيارتين حين اصطدمتا كان يفصـل بينهما (صفر) زمن و (صفر) مسافة • وقد تقول ان هذا من التفاهة بحيث لا يستحق الذكر • ولكن ذلك كان بالتحديد الالهـام الذى وافى آينشتين ، محـاور الزمن والفراغ هى مجـرد أدوات للتسمية • والفيزياء ، والتى تشكل عملية التصـادم تلك مجرد حادثة ، تتعامل أولا وأخـيرا مع الأحـداث المتـوافقة الحدوث ، وأيا كانت الاحداثيات المسـتخدمة ، فمثل تلك الأحداث ستظل متوافقة الحدوث •

وما أن يذكر ذلك ، حتى يبدو أمرا واضحا ، وهنـا يكمن الجمال فيه ، مثل الكثير غيره من نفـاذ البصيرة التى واتت آينشتين بعد صراع طويل • وأصبح الآن قادرا عـلى المضى فى هذا الطريق الى نظرية النسبية العامة ، اذا كانت الحركة كلها نسبية ، لذا علينا قبول التشوهات فى نظم المحاور المختلفة ، حتى ولو كانت علاقتها بالمقاييس المباشرة مستحيلة التوصيف • ولعدة أسباب توصـل آينشـتين الى أن عليـه ألا يفضل شيئا على الآخر ، وأن معـادلات الطبيعة يجب أن توضح بشكل يجعل كافة أنظمة المحـاور للزمكان عـلى قدم المساواة ، وهو ما أسماه « مبدأ التماثل العام Principle of general covariance »

وفى براغ حقق تقدما طفيفا فى تطبيق هذا المبدأ ، فقد استشف ما سيقابله من مشاكل رياضية ضخمة ، وعند عودته الى زيورخ عام ١٩١٢م اتخذ الخطوة الصحيحة لمواجهتها • لقد بحث عن المساعدة ممن يملك الخبرة ، وكما كتب فى رسالته المؤرخة ٢٩ أكتوبر ١٩١٢م : « اننى مشغول بمشكلة الجاذبية • وأعتقد الآن أننى سأتغلب على كل الصعوبات بمعونة صديق من علماء الرياضيات • وهناك شيء مؤكد ، هو أننى لم يسبق لى أن عانيت لهذه الدرجة ، وأيضا أننى قد أصبحت مدينا باحترام كبير للرياضيات ، وتلك الأجزاء الدقيقة منها ، والتى لسذاجتى كنت أعتبرها رفاهية ، فبالمقارنة بهذه المشكلة تبدو النظرية الأصلية للنسبية كلعب أطفال » •

ولم يكن ذلك الصديق سوى صديقه الحميم مارسيل جروسمان ، والذى لجأ اليه وقت الحاجة للمرة الثانية • قد يكون الحظ أو القدر ، فقد كان التخصص الرياضى لجروسمان هو المناسب تماما لاحتياجات آينشتين ، ولولا هذا الدعم الرياضى القوى لتأخر آينشتين طويلا فى التوصل الى النظرية النسبية العامة • وبرغم ذلك ، فلابد أن ذلك التعاون كان غريبا ، لأن جروسمان ، وهو رجل رياضيات متبحر ، كانت له رؤية مختلفة عن رؤية صديقه عالم الفيزياء • ونبين هذا الاختلاف بشكل طريف من خلال طرفة يرويها آينشتين فى « ذكريات » ، والتى كتبت قبل وفاته بقليل ، فى كتاب الاحتفاء بالعيد المئوى للبوليتكنيك بزيورخ ، ويتكلم فيها عن أيام التلمذة : « ألقى جروسمان يوما بملاحظة رائعة •• لا يمكننى الا أن أوردها هنا •• اذ قال : « أعترف بأنى تعلمت شيئا من دراسة الفيزياء ،

فسابقا كنت حين أجلس على كرسى تصيبنى قشعريرة حينما أحس بالحرارة المتخلفة عن جسد الجالس قبلى عليه • ولكن ذلك قد زال، لأنه فى هذا الشأن بالذات فقد علمتنى الفيزياء أن الحرارة شىء غير شخصى تماما » •

ولنتذكر أن المصاعب الرياضية التى واجهت آينشتين كانت تكمن فى صياغة معادلات تتفق مع مبدأ « التماثل العام » ، ويبدو أن أحد الزملاء فى براغ قد أخبره بأن الأداة الرياضية المناسبة لتلك الصياغة موجودة ، ولكنه لم يبدأ فى البحث عنها الا فى زيورخ من خلال المعونة الصادقة من جروسمان • ولم يكن سلاحا هينا من السهل التعامل معه ، ويسمى « رياضيات التنسور tensor calculus » (٨) • وقدطورها فى الأساس عالم الرياضيات الايطالى « جروجوريو ريتشى Grogorio Ricci والذى قام بالخطوة الحاسمة فيها عام ١٨٨٧م، نفس العام لتجربة ميكلسون مورلى ، وأيضا اكتشاف التأثيرات الكهروضوئية •

ولما كانت معادلات التنسور لا تفرق بين أنظمة الاحداثيات ، فقد كانت بالتحديد هى ما يحتاجه آينشتين ، وبواسطتها وبمعونة جروسمان استطاع تنفيذ خطته فى القيام بحملة لاكتشاف الهوية الرياضية التى يمكن بها تمثيل الجاذبية • وقد بدأ بالخطوط المستقيمة فى الزمكان ، فمبلاحظة التأثير الرياضى للانتقال الى المعمل الفضائى ، استطاع التوصل الى أن سرعة الضوء ليست ثابتة ، وأنها مرتبطة بالجاذبية ، أما الآن فقد كتب المعادلات المناظرة عن الجسيمات الحرة الحركة التى كان يبحث عنها ، وبالانتقال

---

(٨) تسمى أيضا « الكميات الممتدة » ، و « الموترات » وهو نوع من الرياضيات يتعامل مع مصفوفات المتجهات على مستوى معقد ــ (المراجع) •

الى الاحداثيات العامة المحرفة ، فقد قاده ذلك الى معادلة تنسور على أعلى قدر من الأهمية الهندسية ، ويسمى « التنسور المترى metrical tensor » .

ويبين مثال ثنائى الأبعاد دور ذلك العامل المذكور ، حيث يمكن تحديد وضع نقطة على سطح المحيط بتعيين الاحداثيين ، خط الطول وخط العرض ، وعندما يقوم قارب برحلة ، واذا علمنا احداثيات نقطة البدء ونقطة الوصول ، وافترضنا أن القارب قد اتخذ أقصر الطرق ، أمكننا أن نقيس المسافة الفعلية التى قطعها القارب ، رغم أن التغير فى احداثيات الطول والعرض ليس مسافة ، ولكن ما يمكننا من أن نحول تلك التغيرات الصغيرة المتحدة الأحداث مباشرة الى المسافة المقطوعة هو ذلك العامل الرياضى ، حين يكون على صورة ثنائية الأبعاد . وفى عام ١٨٢٧م، قبل ظهور فكرة التنسور بوقت طويل ، بين عالم الرياضيات الألمانى الكبير كارل جاوس Karl Gauss من جوتنجن ، أن مثل ذلك العامل يحوى دلالات هندسية عميقة ، واذا ما أجرينا عليها بعض العمليات الرياضية المعقدة يمكن أن نتعرف على طبيعة السطح الذى نكون موجودين عليه ، كأن نجد أننا على سطح منحن كجزء من كرة ، وليس مثلا على سطح منحن كسرج حصان ، أو مسطح كجزء من مستو . والأهم من ذلك أننا نتوصل لذلك بشكل جوهرى ونحن فوق السطح ذاته ، أى بلا أية اشارة لشىء خارج هذا السطح .

واذا لم يكن حدس آينشتين قد أخذه بعيدا ، واذا كان مبدؤه «التعادلية» ، والذى لم يخضع للاختبار بعد ، جديرا بالثقة ، عندها فان التنسور الرباعى الأبعاد للزمكان ، وهو الذى يربط الاحداثيات بالمقاييس ، يصبح هو الهوية التى

تمثل الجاذبية ، ومن هنا برزت الخلاصة البارزة بأن الجاذبية لابد وأن تكون أساسا هندسية •

وبسبب دور الجاذبية المكتسب حديثا للتنسور المذكور، فقد رمز له آينشتين وجروسمان بالرمز γ ، وحيث ان هذا الرمز يحتاج لدليلين ، فقد أعطى الشكل $\delta\mu\nu$ وعندما قرر آينشتين استعمال ذلك الرمز لتمثيل الجاذبية ، فانه قد اتخذ خطوة جبارة ، لأنه حسبما نذكر أنه يمكن التعبير عن نظرية الجاذبية لنيوتن بمعادلة مجال واحدة ، عن جهد جاذبية فردى ، ولكن صياغة التنسور هى صياغة موجزة ، وفى الأبعاد الأربعة فان الرمز البسيط $\delta\mu\nu$ يمثل عشر كميات رياضية ، أما القفزة الدرامية من جهد واحد الى عشر فقد كانت جرأة بلا حدود ، وبسبب جرأته هذه أصبح آينشتين فى مواجهة مهمة التوصل لايجاد عشر معادلات متوافقة لمجال الجاذبية •

وفى عام ١٩١٣م قام آينشتين وجروسمان بنشر بحث ثنائى فتح آفاقا جديدة لأبحاثهما ، وضع آينشتين الجانب الفيزيائى منه ، بينما تولى جروسمان الجانب الرياضى • وفى ١٩١٤م نشرا سويا بحثا جديدا، وباستعادة هذه الأبحاث والتأمل فيها نرى الى أى مدى كان العالمان قريبين من تحقيق هدفهما ، فقد كانت كل المكونات الرياضية متاحة عمليا ، وكذلك ، وكما لاحظ آينشتين لاحقا ، فقد أخذا فى الاعتبار معادلات المجال الفعلية ، ثم تركاها لأسباب بدت فى حينها قهرية • فلأن المشاكل شديدة التعقيد لتفسير الفيزياء لم تكن قد حلت بعد فى ذهن آينشتين ، فقد اعتقد أنه قد أثبت

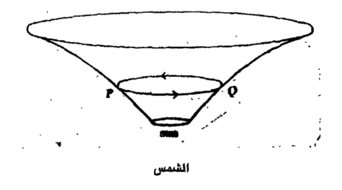
أن اعتبار كل نظم المحاور على قدم المساواة يتعارض مع مبدأ السببية ، وفى موضع بارز من بحثهما الأول قدم الباحثان تراجعا رئيسيا على أسس جمالية ، فهما لم يسمحا بتغيرات فى الاحداثيات يمكن اعتبارها مرتبطة بالعجلة ، وقد سبب لهما ذلك قلقا شديدا ، وفى بحثهما الثانى حققا علاجا جزئيا ، لكن معادلاتهما لم تتوافق مع مبدأ التماثل العام . وقد قال آينشتين فيما بعد انه تخلى عن ذلك المبدأ « بقلب مثقل » .

وعندما غادر آينشتين زيورخ الى برلين فى ١٩١٤م ، انتهى عمليا ذلك التعاون العلمى ، دون أن ينجز مهمته . ولكن أهميته كانت لا تقدر ، لأن جروسمان زود آينشتين بالأدوات الرياضية المتخصصة المناسبة كى يجاهد فى برلين وحيدا فى رسالته المستمرة .

لا يمكننا الحديث فى هذا المقام عن المشكلات التى استطاع التغلب عليها ، لقد استغرق الأمر سنتين من العمل فى اتجاه خاطىء قبل أن يكتشف ، من بين أشياء أخرى ، أنه لا اعتراض فيزيائيا على التعامل مع نظم المحاور على قدم المساواة ، وأن مبدأ التماثل العام لا يتعارض مع مبدأ السببية .

وبدءا من هنا كان التقدم سريعا ، وبحلول عام ١٩١٥م، توصل آينشتين لمعادلات المجال للجاذبيه التى كان يسعى اليها . وكانت نظريته بمجرد ظهورها رائعة فى بساطتها ، ولم تعتبر الجاذبية قوة بل منحنى أساسيا للزمكان. فالأجسام الصغيرة كالكواكب تدور حول الشمس فى أفلاكها ليس بسبب جاذبية الشمس لها ، بل ببساطة لأن الزمكان المتقوس

حول الشمس لا وجود للخطوط الكونية المستقيمة فيه ·
واذا كان الخط المستقيم يعرف بأنه أقصر بعد بين نقطتين ، فانه على الأسطح المنحنية يعرف ذلك بحسب طبوغرافية السطح ، والكواكب بالتالى تسلك أقصر مسافة حول الشمس ·
وعلى ذلك فالأجسام تخضع لقانون نيوتن الأول ، قانون القصور الذاتى بالدرجة التى تماشى فيها ذلك مع منحنى الزمكان · ويفيدنا فى هذا الصدد رسمان تصويريان ، الأول يبين من خلال سطح ثنائى الأبعاد نوعية منحنى الجاذبية الثلاثى الأبعاد للفراغ المحيط بالشمس ، والمنحنى مبالغ فيه ، وبسبب هذا الانحناء فان الكوكب الذى يريد التحرك سيكون مساره الخط PQ كالمبين بالرسم ، ومن ذلك نتبين كيفية دوران الكواكب حول الشمس ·



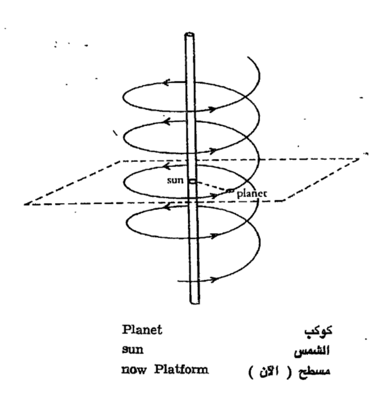
الشمس

العيب فى ذلك الشكل أنه لا يبين البعد الزمني ، ولا الانحناء فى الزمن · ورغم أنه بمفهوم ما صحيح رياضيا ، الا أنه من ناحية أخرى زائف خاطىء ، لأن الفاعل الأساسى وراء حركة الكواكب ليس فى انحناء الفراغ ، ولكن فى

انحناء الزمن ، والذى ، كما سيتضح فيما بعد ، يمكن ربطه بالسرعة المتغيرة للضوء فى مجال الجاذبية • هذا الارتباط المدهش بفكرة آينشتين المبكرة فى التعامل مع سرعة الضوء كجهد جاذبية هو شهادة اضافية لقدرة حدس آينشتين • من الصعوبة بمكان بيان انحناء الزمن فى الأشكال التصورية ، ومع ذلك ، وبدون بيانه تصويريا ، لنرسم الشكل التالى الذى يتضمن الزمن كبعد يتجه لأعلى الصفحة ، ويمثل الخط المزدوج الخط الكونى للشمس ، والخط اللولبى خطا كونيا لكوكب ، يتحرك فراغيا حولها ، ولنتصور أننا على مسطح يمثل « الحاضر » ، وحيث ان الوقت يتحرك باتجاه المستقبل، فان المسطح يرتفع فى الشكل ، وتذكر أننا نمثل الوقت كبعد يشير لأعلى ، وبارتفاع المسطح فان اللولب يتقاطع معه فى نقاط متتابعة تبدو على المسطح كنقطة واحدة فى مدار حول الشمس •

كل واحد من هذه الأشكال هو بالتأكيد غير كامل ، ولكنها مؤشرات تعطى انطباعا لما يحدث بطريقة تقريبية ، وبهذا تكون لدينا صورة لا بأس بها عن مجريات الأمور عند آينشتين •

ماذا عن معادلات مجال الجاذبية لدى آينشتين التى تحكم منحنى الزمكان ؟ هناك عشر منحنيات ، وهى بالغة التعقيد • لو كتبت بشكلها الكامل بدون استخدام صياغة التنسور لملأت كتابا ضخما مليئا بالرموز المعقدة ، ولكن بتلك الصياغة تبدو رائعة الجمال والاعجاز •



قد يبدو من المضحك أن نتحدث عن الجمال رغم أننا سبق أن قلنا انها قبيحة ومملة . ولنتساءل : كيف توصل آينشتين لهذه المعادلات ؟ هل خمن المصطلحات المختلفة ، مئات وآلافا ، بل وملايين منها ، وكلها شديدة الجفاف ؟ مستحيل ، اذن ، كيف توصل لها ؟ وهنا يكمن الجمال والاعجاز ، لأن رياضيات التنسور تشمل قواعد صارمة ، ولهذا فقد فرض آينشتين بعض الشروط المخففة ، بغية التبسيط ، وبعدها أخذ فى البحث عن عشر معادلات ، تمثل الجاذبية فيها بالمعامل $g_{\mu\nu}$ فقط . ولكنه وجد يديه مغلولتين ، لأنه باصراره على التبسيط لم تترك حسابات التنسور له خيارا . كانت معادلات المجال تتحدد بشكل فريد ، وفى الصياغة كانت موجزة ، وأعطتها طبيعتها المطلقة فى الشكل والمضمون جمالا لا يوصف . ولو أنها كتبت بشكل مفصل وبالكامل لأدى أى خطأ تافه الى أن تفقد التطابق مع شروط التماثل العام .

هنا ، وهنا فقط يبدأ الاحساس بالمكانة الحقيقية لحدس آينشتين ، ما هى البدايات التى أدت الى هذا الهيكل الفريد الرائع ؟ هى أشياء متعددة ، كنظرية نيوتن ، والنظرية النسبية الخاصة بالطبع ، وفكرة منكوفسكى عن الكون رباعى الأبعاد ، ونقد ماخ لنظرية نيوتن ، أيضا فان الاطار الرياضى قد أعد بالفعل وسنتحدث عنه بمزيد من التفصيل فيما بعد . ولكن ، ماذا بعد ذلك ؟ مبدأ « التمادلية » ، ومبدأ « التماثل العام » ، ولا شىء سوى ذلك ، لكن أية بصيرة نفاذة تلك التى جعلته يختارهما منذ البداية ليكونا دليله دون أن يعلم مسبقا الى أين سيصلان به ؟ وكونهما قد قاداه الى معادلات شديدة التعقيد ، ولكنها غاية فى البساطة ، وهى فى حد ذاتها انجاز بارز . ولكن وقد وصل لتلك المعادلات ، هل حقا كانت تستحق كل هذا العناء ؟ ان هذا يمكن وضعه فى محك الاختبار على الفور . ان حركة أقرب نقطة لكوكب عطارد بالنسبة للشمس (تسمى الحضيض الشمسى perihelion) يشوبها انحراف قدر آنذاك من أربعين الى خمسين ثانية قطرية كل قرن(٩) ، وهو انحراف ، على تفاهته لم يكن له تفسير على الاطلاق طبقا لنظرية نيوتن .

وفى عام ١٩١٥م أعلن آينشتين أن نظريته الجديدة تعطى بالفعل تقدما فى حركة الحضيض الشمسى لعطارد مقداره ٤٢ ثانية قطرية لكل قرن ، وكانت هذه النتيجة المذهلة ، والتى أعلنت فى الأكاديمية البروسية ونشرت فى وثائقها ، ذروة سنوات من الالهام والمثابرة كتب عنها آينشتين قائلا :

---

(٩) تبين الحسابات الحديثة والاكثر دقة أنه فى حدود ٤١٫٥ الى ٤٣٫٤ ثانية .

« فى ضوء المعارف المتاحة تبدو الانجازات الموفقة كما لو كانت مسألة طبيعية ، يمكن أن يتوصل اليها أى دارس نابه بغير كثير من العناء · ولكن سنوات البحث المتلهف فى الظلام والمجهول بمعاناتها الشاقة ، والتذبذب بين الأمل واليأس ، والانهاك ، ثم الخروج فى النهاية الى دائرة الضوء ·· لا يدركها الا من كابدها فقط » ·

وفى حساب الحضيض الشمسى لعطارد لم يكن هناك مجال للتزييف ، فليس من شىء يمكن تعديله ليوائم الحقيقة، ولم يكن هناك مجال للمناورة ، اذا لم تأت النتيجة من تلقاء نفسها ، ٤٢ ثانية باتجاه الامام ، سيكون فشل النظرية ·

وقد كتب آينشتين لصديقه الأثير بول ايرنفست فى هولندا فى يناير عام ١٩١٦ : « تصور مدى سعادتى بثبوت مبدأ التماثل العام ، وكذلك النتائج التى أوجدتها المعادلات عن حركة الحضيض الشمسى الصحيحة لكوكب عطارد ، لقد عشت فى نشوة لأيام » ·

ونعيد للأذهان ملاحظة آينشتين أنه قد أصبح يكن احتراما كبيرا للرياضيات، لم يكن ذلك فقط بسبب رياضيات التنسور · فقد مهد علماء الرياضيات له الطريق بأفضل مما قدر هو آنذاك ، وذلك بما لهم من نفاذ بصيرة خاصة بهم · لقد كانت نظرية النسبية العامة مخالفة للهيكل التقليدى الجميل فى كتيب « الهندسة المقدسة » الذى أثار آينشتين فى صدر شبابه · وفى قلب نظريته الانكار الصريح لنظرية فيثاغورث ، التى توصل لاثبات لها بنفسه فى مطلع حياته ، بدون مساعدة خارجية · وليس كون أطروحة الدكتوراه

لجروسمان عن « الهندسة غير الاقليدية » أقل ما جمع بين الرجلين من المصادفات • فهذه العبارة وحدها مؤشر على أن نشاط علماء الرياضيات لم يكن هباء • لقد بدا وجود بديل قابل للتطبيق أمرا مستحيلا لأغلب دارسي مبادىء الهندسة ، وقد أعلن الفيلسوف كانت أنه لا غنى عن الهندسة الاقليدية ، فهى ضرورة للفكر الانساني • ومع بدايات القرن التاسع عشر ، استطاع علماء من ذوى الجرأة وضع بدائل غير اقليدية ، وعلى ذلك ، وكما بين جاوس ، فانه لمجرد أن وجد اقليدس منافسين له ، أصبحت الهندسة بالضرورة علما تجريبيا •

يهمنا بصفة خاصة فى هذا المجال عالم الرياضيات الألماني برنارد ريمان Bernard Rieman من جوتنجن ، بدءا من عام ١٨٥٤ • مؤسسا على الأعمال الرائدة للمجرى وولفجانج بولاى Wolfgang Bolai والروسى نيكولاى لوباشيفسكى Nikolai Lobachevski وجاوس، وقد وضع تصورا لنمط عام فى الهندسة ، تمثل فيها الهندسة الاقليدية ركنا من صرح هائل ، فهى هندسة تقوم على تعدد الأبعاد، بما يصل الى تحدى التصور الطبيعى • كانت هذه الهندسة الريمانية متعددة الأبعاد ذات الانحناءات غير المنتظمة هى بالضبط ما يحتاج اليه آينشتين •

كذلك ، وكما نتذكر ، فقد توصل جاوس الى وسيلة رياضية معقدة يمكن بواسطتها التعرف من تنسور ثنائى الأبعاد على طبيعة السطح الذى ينتمى اليه هذا التنسور ، وقد عمم ريمان ، ومعه وعلى استقلال الوين كريستوفل Elwin Christoffel ذلك الى الأبعاد المتعددة • ومن ذلك اكتشفا ، وقبل وضع رياضيات التنسور كمية رياضية قوية تسمى

حاليا « تنسور ريمان ـ كريستوفل » أو تنسور الأسطح المنحنية ، وهى مبنية بصفة فريدة على التنسور المترى ، وفى القلب منها العناصر الأساسية لمعادلات المجال الموحد للجاذبية لآينشتين • والأكثر من ذلك ، فان ريمان ، ومعه الانجليزى ويليام كليفورد William Clifford قد سمحا لخيالهما بالشطط وتصوروا أن المادة ما هى الا تكور فى الفراغ • وبالنسبة لكليفورد ، فمن الجدير بالذكر أنه حين اكتشف بشكل مستقل تنسور الأسطح المنحنية أصبح أستاذا بكلية الهندسة بزيورخ •

ماذا لو كان ريمان عالما بالزمكان ، هل كان سيتصور أن المادة هى تكور فى الزمكان الرباعى الأبعاد بدلا من كونه تكورا ثلاثى الأبعاد ؟ نعم بكل تأكيد • اذن ، فهل كان بامكانه وضع نظرية آينشتين عن الجاذبية ؟ من السهل أن نجيب بالايجاب ، ولكن الدلائل عكس ذلك ، ذلك أن مسيرة آينشتين لم تكن فيزيقية • • • أكثر منها رياضية ، بل كانت حدسية أكثر منها فيزيائية • وبدون ادراك ذلك لا يمكننا تقدير انجازه بشكل صحيح ، حيث لم يكن هناك طريق منطقى ممهد ليسلكه • لقد أسس بنيانه ، كما نعلم ، على مبدأىَ التعادلية والتماثل العام • وبالنسبة للمبدأ الأول ، فان الكثير من الخبراء ، والذين لم ينكروا وزنه ، أخذتهم الحيرة ماذا يقصد به حقا • بالنسبة للمبدأ الثانى ، فقد اعتقد آينشتين أن نظرته اليه على أنه يعبر عن نسبية الحركة كان اعتقادا خاطئا (١٠) • والأسوأ من ذلك ، فان مبدأ

---

(١٠) هذا الاعتقاد مؤسس ، بالاضافة لأشياء أخرى ، على الخلط بين نظم الأبعاد وبين الأطر المرجعية reference frames وهو ما لم نتعرض له ، فالكثير من المشاكل التى كان على آينشتين أن يواجهها كانت دقيقة بشكل مريع •

التماثل العام ، كما ألمحنا بسرعة ، هو من زاوية ما فارغ المضمون ، حيث ان أية نظرية فيزيائية يمكن التعبير عنها رياضيا يمكن أن توضع على صورة تنسور ، ولا ينطبق ذلك على نسبية آينشتين فقط ، بل أيضا على نظرية نيوتن ·

ومع الاعتراف بكل ذلك ، فان آينشتين كان يجادل فى أن المبدأ مع هذا يحوى مضمونا اذا ما سأل المرء عن أبسط وأرشق صياغة لمعادلة تنسور تتفق مع الموقف · وفى الواقع ، فان اصراره على أن يعبر عن الجاذبية بعشرة معاملات رياضية مشتقة من المعامل $g_{\mu\nu}$ أعطت للمبدأ مضمونا قويا، لرجل مثل آينشتين ·

ومع ذلك ، فحين نرى الى أى مدى كانت الركائز الظاهرية التى بنى عليها نظريته مهتزة للغاية ، عندها لا نملك الا الاعجاب بذلك الحدس الذى قاده الى هذا الانجاز العظيم · مثل هذا الحدس الملهم هو جوهر العبقرية · ألم تكن أسس نظرية نيوتن مهتزة ؟ وهل يقلل ذلك من قيمة ما أنجز ؟ ألم يؤسس ماكسويل بناءه على نموذج ميكانيكى بدائى رآه هو نفسه غير معقول ؟ انها العبقرية تعرف وسط الضباب أين يكون الاتجاه · وفى الرحلة المضنية فى بلاد مجهولة تدعم ثقتها بمجادلات تخدم أهدافا نفسية لا منطقية · وليس من ضرورة أن تكون تلك المجادلات صحيحة ، طالما أنها تخدم الاتجاه غير العقلانى ، المبنى على البصيرة اللاواعية التى تقود المسيرة · بالتأكيد نحن لا نطلب أن تكون صحيحة بالمفهوم الضيق ، حيث ان من ينشد ثورة علمية يبنى منطقه على ذات المبادىء التى يريد نقضها · فعلى سبيل المثال ــ وهو ما سيكون له وقع الصدمة ، ليس فى النظرية النسبية العامة تعريفات قاطعة للكتلة والطاقة ·

لقد جاءت نظرية آينشتين وسط حرب كئيبة يمكن لأى طرف فيها أن يحقق نصرا مؤزرا ، أو يمنى باندحار مرير، ولقد سببت النظرية موجات من الاهتمام خارج المحيط العلمى الذى كانت موجهة له · ففى عام ١٩١٦ طلب أحد الناشرين الألمان من آينشتين أن يكتب تفسيرا للعامة عن نظريته ، وظهر الكتاب بالفعل عام ١٩١٧ ، وباستخدام مبادىء الرياضيات فقط نجح فى ايجاز نظريته فى سبعين صفحة واضحة ورائعة ، وان ظلت خارج مدى الرجل العادى، ولكن ليس لنا أن نلومه على ذلك ، الا اذا انصب اللوم على وضعه لنظرية بهذا التعقيد · ولظروف ندرة الورق خلال أيام الحرب لم تطبع الا كمية محدودة ، ولكن الكتاب سد احتياجا بشكل واضح · وفى عام ١٩١٨ ، وبينما تعانى ألمانيا من الضغط والحصار والمجاعة ، كان ذلك الناشر تراوده فكرة طبعة ثالثة ، فأقدم بغير حماس أو تفاؤل على طلب كمية من الورق لطباعة ثلاثة آلاف نسخة ، ولقد دبرت له الحكومة الورق ·

كان الجمال الكامن فى نظرية النسبية العامة ، وما حققته بالنسبة لتصحيح حركة الحضيض الشمسى لعطارد أدلة كافية لآينشتين على صحة حدسه ، وفى حديثه عن نتائج الحضيض الشمسى فى كتابه المبسط عن الجاذبية ، قال عن الانحراف الأحمر نتيجة الجاذبية ، وانحناء الضوء : « لا شك عندى فى أن هذه الاستنباطات سوف تثبت أيضا » ، كما أسر للمقربين له بثقته فيها · ولم ينتظر المزيد من التأكيد ، بل مضى وعلى الفور نحو تطورات جريئة جديدة ، وفى عام ١٩١٦ ، ومجددا فى ١٩١٧ ، وهو العام الذى شهد الثورة الروسية ، وتلاه وصول الشيوعيين للسلطة ، استطاع تحقيق

فتعين علميين بارزين ، كان ثانيهما نسبيا ، بعكس الأول .
ولكن لا داعى لقطع حديثنا ، فلنتركهما جانبا قليلا .

لم يقدم التصحيح فى حركة عطارد تنبؤا ، فالعيب كان معروفا بالفعل ، ولكن التنبؤ الذى قدمته النظرية كان فى الانحراف الأحمر وفى انحناء الضوء ، واثباتهما سوف يساعد على اقتناع بقية العلماء . ومن الملفت للنظر أن الانحراف الأحمر الذى استنتجه من مبدأ التعادلية البسيط ، كانت له نفس القيمة التى استنتجها من النظرية النسبية العامة الشامخة . والأهم من ذلك أن قيمة انحناء الضوء فى النظرية الجديدة جاء ضعف ما توقعه من قبل ، فقد توقعه الآن بمقدار ١ر٧ من الثانية القطرية .

وقد شوهت الحرب الشخصية العالمية للعلم ، لم يعد هناك تدفق للمعلومات بين البلدان المتحاربة ، ولكن حياد هولندا لم ينتهك ، وكان عالم الفلك الهولندى ويليم دى سيتر William de Sitter فى لايدن على اتصال بزميله الانجليزى آرثر ايدنجتون Arthur Eddington ، وقد أرسل اليه فى عام ١٩١٦ بنسخة من ورقة صعبة عن شرح آينشتين للنظرية النسبية العامة ، وقد تحمس لها الأخير ، وقد ذكر فى تقرير رسمى مطول : « سواء أصحت النظرية أم لا فى نهاية الأمر ، الا أن الذى يسترعى الانتباه كونها من أجمل الأمثلة على قوة التفكير الرياضى » .

وخلال سنوات الحرب خطط كل من ايدنجتون وفرانك دايسون Frank Dyson عالم الفلك البريطانى بدعم من الحكومة لارسال بعثتين ، الأولى الى قرية سوبرال Sobral فى البرازيل ، والثانية للجزيرة البرتغالية الصغيرة برنسيب

Princip. قبالة الساحل الغربى لأفريقيا . لقد كان متوقعا أن يحدث كسوف كلى للشمس فى هذين المكانين فى ٢٩ مايو ١٩١٩ ، وكان الغرض من البعثتين اختبار نظرية آينشتين التى اتخذت شكلها النهائى فى برلين ، عاصمة الأعداء .

ورغم سوء الطقس فى برنسيب ، كتب ايدنجتون فى تقريره الرسمى : « منذ العاشر من مايو لم تسقط أمطار عدا فى يوم الكسوف » وتبين بعض الصور التى التقطها هو ومساعدوه نجوما تظهر من خلال السحب ، وقام بلهفة باجراء المقاييس عن أفضل الصور المتاحة ، ولسروره البالغ .. أيدت كلها النظرية الجديدة !! وقد ذكر ايدنجتون أنها أعظم لحظات حياته .

ظل هناك الكثير مما يجب عمله فى انجلترا قبل امكان التوصل للتقييم الكامل للنتائج من برنسيب وسوبرال ، ورغم توقف القتال الا أن الحرب ظلت قائمة بشكل واقعى ، وكانت الاتصالات بين ألمانيا وانجلترا مستحيلة عمليا ، وغير المباشرة معرضة للتأخير ، وبحلول سبتمبر بلغت الاشاعات آينشتين عن النتائج الايجابية لتجارب الكسوف ، وأرسل له لورنتز فى ٢٢ سبتمبر برقية ، تأخرت فى الطريق ، يؤكد ذلك ، وقد رد آينشتين ببرقية مماثلة : « عرفانى من القلب لك ولايدنجتون .. تحياتى » . ولهذا وجد آينشتين سعيدا للغاية عندما أرسل لأمه المشرفة على الموت فى سويسرا بطاقة بريدية فى ٢٧ سبتمبر يقول فيها : « أمى العزيزة ، لدى اليوم أخبار طيبة ، لقد أبرق لورنتز يخبرنى أن البعثة البريطانية أثبتت فعليا الانحراف الضوئى » .

لكن الأنباء لم تصبح رسمية بعد ، ففى نوفمبر ١٩١٩ عقد فى لندن اجتماع تاريخى مشترك للجمعية الفلكية الملكية ، والتى كان نيوتن عام ١٧٠٣ قد انتخب رئيسا لها قبل قرنين من الزمان ، وأعيد انتخابه حتى وفاته بعد أكثر من عشرين عاما • والآن ، وفى ١٩١٩ ، مازالت ذكرياته حية فى أذهان العلماء المجتمعين • وصورته الزيتية تتصدر الحائط ، عندما كان جوزيف جون تومسون Joseph John Thomson مكتشف الالكترون ، رئيس الجمعية والحائز على جائزة نوبل يقرظ أعمال آينشتين قائلا : « أحد أعظم ، وربما الأعظم ، بين كل انجازات الفكر الانسانى فى التاريخ » • وأعلنت الجمعية رسميا لكل العالم أن نتائج بعثتى الكسوف الشمسى أظهرت آينشتين على نيوتن •

وقد زادت الحرب التى توقفت لتوها من درامية الموقف بلا شك ، فلو لم تقع ، وأمكن مشاهدة الكسوف عام ١٩١٤ ، وكان توقع آينشتين للانحراف مخطئا ، فلنتصور المتاهة التى كان يمكن أن يقع فيها ، وربما ظن الناس أن حساباته كانت عشوائية ، ولفقد الموقف تأثيره الهائل •

ولكن الحرب وقعت بالفعل ، وثبتت صحة الانحراف الضوئى فى ظروف غاية فى الدرامية ، وفى وقت كانت فيه الدول منهكة من الحرب ، وعليلة القلب • لقد أنارت الأشعة المنحنية عالما من الظلال ، وكشفت عن توحد الانسانية التى سمت على دواعى الحروب • وحملت الصحف البريطانية الأنباء المثيرة ، دون أن تهتم بربط آينشتين بألمانيا ، وسرعان ما انتشرت فى كل العالم • وكتب ايدنجتون من بريطانيا لآينشتين فى ديسمبر عام ١٩١٩ : « كل بريطانيا تتحدث عن

نظريتك ، لقد كان لها تأثير هائل · هي أفضل ما يمكن حدوثه للعلاقات العلمية بين انجلترا وألمانيا » ·

لقد لعب القدر دورا غير متوقع ، لقد أعمت الأشعة المنحرفة الواهنة الجماهير ، وفجأة أصبح آينشتين مشهورا عالميا ، هذا الرجل البسيط الجوهر ، الباحث المتمحص عن الجمال الكونى ، أصبح الآن رمزا عالميا ، بؤرة لاعجاب واسع الانتشار ، ثم لكراهية عميقة الجذور !



الفصل التاسع

من برنسيب
الى برنستون

كان الترحيب الشعبى محيرا بالنسبة لآينشتين ، كذلك كانت النظرية النسبية لرجل الشارع • وتصاعدت بشكل كبير مبيعات كتابه الصغير ، وظهر وبسرعة العديد من الترجمات • وفى انجلترا ألح الناشر على المترجم لكتابة شرح موجز ليستخدمه البائعون ، فقد واجهوا جهلا كبيرا فى عقول العامة حول معنى النسبية ، وقد ظن الكثيرون أن لها ارتباطا بالعلاقات بين الجنسين •

وفى ١١ فبراير من عام ١٩١٩ انتهى زواج آينشتين بطلاق ودى ، احتفظت فيه ميليكا بحضانة الطفلين على أن يتحمل آينشتين الانفاق على ثلاثتهم ، وقد وافق آينشتين أيضا على اعطائها المكافأة المالية لجائزة نوبل ، ولم يكن قد حصل عليها بعد ، ولكنهما كانا على ثقة من حصوله عليها •

وقد أقام فى برلين خلال سنوات الحرب فى غالب الأحيان لدى ابن عم والده ، رودلف آينشتين ، وكانت زوجته هى خالة آينشتين ، ولذلك فقد كانت ابنتهما قريبة له من

الناحيتين ، وقد لعبا سويا وهم أطفال فى ميونخ ، ولكنها أرملة فقد عاشت فى منزل والدها مع ابنتيها، الزا ومارجوت، وعندما أصيب آينشتين بمرض معوى شديد، قامت بتمريضه حتى استعاد عافيته • كان بينهما دوما رباط قوى ، وتزوجا فى يونيو ١٩١٩ ، وقد قامت برعايته كمـــا لو كان طفـــلا محتاجا للتدليل ، وقد كان فى بعض النواحى كذلك بالفعل • وقد باعدت بينه وبين صغائر الحياة وتدخلاتها المنغصة • لـــكن لا أحـــد يمـــكن أن يحميه من أحزان وآلام الحيـــاة • كانت أمه فى المراحـــل الأخـــيرة من مرض السرطان ، وقد حضرت لتقضى أيامها الأخـــيرة المليئـــة بالآلام مع ابنها • وتوفيت هنـــاك فى فبراير عام ١٩٢٠ • وأصـــبح آينشتين وحيدا • وفى خطابه فى بداية مارس لماكس بورن ، الذى أرسل يسأله النصيحة حول الاستقرار فى جوتنجن ردا قائلا : « ليس المهم أين تستقر • اضافة الى أننى كرجل بلا جـــذور لست مؤهلا لتقديم المشورة • فرفات أبى مدفون فى ميلانو، وقد دفنت آمى هنا منذ أيام قليلة ، وقد عشت متنقلا وبشكل مستمر حتى الآن ، وكنت غريبا فى كل مكان • أولادى فى سويسرا فى ظروف تجعل رؤيتى لهم مهمة صعبة • فالوضع المثالى لرجل مثلى هو أن يكون بيتى فى أى مكان مع من أحبهم وأثق فيهم ، لذلك ليس من حقى أن أعطى النصيحة بهـــذا الشأن » •

وفى الخطاب صدى من رسالة سابقة ، ففى عام ١٩١٩، وقبل الاعلان عن نتائج الكسوف بوقت قليل ، قضى آينشتين أوقاتا طيبة مع ايرنفست وعائلته ، خـــلال زيارة علميـــة لهولندا • وفى شكره على ذلك كتب آينشتين : « سنظل عـــلى اتصال شخصى وثيق فيما بيننا من الآن فصاعدا ، وأنا أعلم

أنه أمر طيب لكلينا ، وان كلا منا يخفف من احساس الآخر بالوحدة فى هذا العالم » .

وقد فرضت العالمية على آينشتين التزامات لم يمكنه ضميره من التخلص منها . كان فى وضع فريد يمكنه من المساعدة على تضييق فجوة الخلافات بين الدول ، كانت حربا مريرة ، ورغم توقف القتال الا آن مشاعر المرارة ظلت سائدة بين المنتصر والمهزوم . وعلى سبيل المثال ، قررت الجمعية الفلكية الملكية فى انجلترا منح آينشتين الميدالية الذهبيةلعام ١٩٢٠ ، ولكن الأعضاء « الوطنيين » فيها استطاعوا تجنيد الأصوات الكافية لرفض الترشيح ، وعلى ذلك لم تمنح الميدالية اطلاقا ذلك العام ، ولم تستطع الجمعية منحه الجائزة المذكورة الا عام ١٩٢٦ .

وفى عام ١٩١٨ تنازل القيصر عن الحكم ، وتولت السلطة فى ألمانيا حكومة جمهورية . وفى ملاحظات آينشتين بخصوص محاضراته الأسبوعية عن النسبية للفصل الدراسى الشتوى (١٩١٨ ــ ١٩١٩) لا يجد المرء أى موضوع علمى مطروحا يوم ٩ نوفمبر . فقد كتب بدلا من ذلك : « ألغى بسبب الثورة » . وراء هذه الملاحظة الموجزة كانت بعض الوقائع المضطربة ، التى وجد آينشتين نفسه بطريق عرضى قد انغمس فيها بشكل مباشر . ذلك أنه خلال ذلك الأسبوع أعلن الطلبة الثوريون خلع العميد ، والاحتفاظ به كرهينة . واستدعى آينشتين بحكم مكانته وقدره الاجتماعى للتدخل ، حيث ذهب مع صديقين له ، بورن ، وعالم النفس ماكس فيرتهيمر للقاء زعماء الطلبة الثوريين . وعندما سئل عن وجهة نظره كان كعادته حاسما فى كل ما يتعلق بالمبادىء ،

وتحدث بقوة عن المخاطر التى تتعرض لها الحرية الأكاديمية ٠ ولم تلق كلماته قبولا لدى الثوار ، ولكنهم أحالوه وصديقيه الى الرئيس الألمانى الجديد ، ورغم الظروف الدرامية العنيفة التى تمر بها البلاد ، فقد كان اسم آينشتين كافيا لفتح كل الأبواب ٠ وقد استقطع الرئيس الألمانى وقتا رغم مشغولياته ليكتب مذكرة موجزة وتم تسوية الأمر ٠

كانت الثورة تعنى الكثير لدى آينشتين ، أكثر مما توحيه العبارة المعتدلة التى كتب بها الملاحظة السابقة ٠ فقد رحب بحرارة بسقوط العسكرية البروسية ، ورغم أن ألمانيا المهزومة كانت مصدومة ثقيلة الروح ، وتتضور جوعا بفعل الحصار المستمر ، الا أن آينشتين كانت لديه آمال كبار فى مستقبل ألمانيا ٠ وأحس بأن الموقف يتطلب بادرة من التعاطف والتشجيع للجمهورية الجديدة ٠ لذلك ، ومع احتفاظه بالجنسية السويسرية القيمة ، أصبح مواطنا ألمانيا ، رغم ما قد يجره ذلك من مشاكل ٠ وعندما حاول زانجر وآخرون اعادته لجامعة زيورخ ، وكذلك حاول ايرنفست وكامرلينيج ولورنتز استمالته للعودة الى لايدن ، بأفضل العروض ، فقد اعتذر بلطف لأنه يعلم أنه أضحى رمزا ٠ وكتب فى عام ١٩١٩ لايرنفست قائلا : « لقد عاهدت بلانك على ألا أولى برلين ظهرى ما لم تصبح الظروف بحيث يراها هو طبيعية ومناسبة ، ٠٠٠ سيكون عملا يتسم بالخسة أن أرحل فى الوقت الذى بدأت فيه آمالى السياسية فى التحقق ، من أجل مصلحة مادية ، متخليا عن الأفراد الذين أحاطونى بالحب والصداقة ، والذين سيكون وقع رحيلى عليهم مضاعفا لآلامهم ، فى هذا

الوقت من المحنة » . لكنه قبل العمل كأستاذ زائر فى لايدن، لمدة أسابيع فى العام .

وبناء على طلب « التايمز » اللندنية كتب مقالا حول النسبية نشر في ٢٨ نوفمبر عام ١٩١٩ ، تضمن هذه الكلمات المعبرة : « في أعقاب الانهيار المؤسف للتفاعل القديم والفعال بين رجال العلم ، فانني أرحب بهذه الفرصة للتعبير عن مشاعر السعادة والعرفان لعلماء الفلك والفيزياء في بريطانيا . وان ما تجشمه علماؤكم الأجلاء من عناء ووقت لهو تعبير عن الالتزام بتقاليدكم العلمية العظيمة التى تدعو للفخر . لم تدخر معاهدكم جهدا فى دراسة تداعيات نظرية تم وضعها ونشرها خلال سنوات الحرب فى بلاد الأعداء . وليس صحيحا أن أعمال نيوتن المظيم يمكن آن تنسخها نظرية النسبية أو أية نظرية أخرى .. فان أفكاره الساطعة محتفظة على الدوام بأهميتها الفريدة كأساس لبناء المفاهيم الكلية الحديثة فى مجال الفلسفة الطبيعية » .

وقد أضاف فى نهاية المقال هذه اللفتة الساخرة : « ملحوظة : بعض ما كتب فى صحيفتكم عن حياتى وشخصى مصدره الخيال الخصب . وأورد هنا أحد تطبيقات مبدأ النسبية لاسعاد القراء . عادة ما أوصف حاليا فى ألمانيا بـ «العالم الألمانى» ، وفى انجلترا بـ «السويسرى اليهودى» ، فلو كان من قدرى أن أوصف كـ « بعبع » على الدوام ، فان الأمر يكون على العكس ، أن أكون « اليهودى السويسرى » فى ألمانيا ، و « العالم الألمانى » فى بريطانيا » .

كانت كلمات آينشتين عن نيوتن نابعة من القلب ، لم يكن تعبيرا دبلوماسيا ، وهو فن لم يبرع فيه آينشتين بحكم

أمانته الغريزية • وقد وجدت هذه الاقصوصة غير المؤرخة من بين أوراقه ، وقد تعود الى عام ١٩٤٢ ، أثناء الاحتفال بالذكرى الثلاثمائة لميلاد نيوتن ، ويبدو أنه لم يكتبها للنشر ، وانما للتعبير عن مشاعره الخاصة :

Seht die Stern, die da lehren
Wie man soll Meister ehren
Jeder folgt nach Newtons Plan
Ewig schweigend seiner Bahn

وهو ما نحاول أن نترجمه بالآتي :

تطلع للنجوم فى السماء
وتعلم منها تبجيل الأجلاء
تمضى فى أفلاكها فى صمت أبدى
كما قدر لها نيوتن العبقرى •

ولعل من المناسب الآن أن نعرض للوثيقة التى كتبها القائم بالأعمال فى لندن بعد ظهور مقالة آينشتين فى التايمز بحوالى تسعة أشهر : « لقد نشرت الصحف الانجليزية الهجوم العنيف فى ألمانيا على عالم الفيزياء البارز آينشتين ، حتى أن صحيفة « المورننج ستار » نشرت اليوم تقريرا مفاده أن الرجل يزمع مغادرة ألمانيا الى أمريكا • ورغم أنه كما هو معروف ، لا كرامة لنبى فى وطنه ، فان الهجمات الشفوية على آينشتين في ألمانيا والحملة هناك على علماء انجلترا البارزين تترك انطباعا غاية فى السوء هنا ، خاصة فى هذا الوقت الذى يعتبر فيه البروفيسور آينشتين رمزا ثقافيا من الطراز الأول بالنسبة لألمانيا ، بما حققه من شهرة فى كافة أرجاء العالم • علينا ألا نترك الرجل يرحل ••• يمكننا

استخدامه فى الدعاية الثقافية الفعالة ، واذا كان ينوى الرحيل فعلا ، فان المطلوب من أجل سمعة ألمانيا فى الخارج أن نتمكن من اقناع هذا العالم الجليل بالبقاء » •

من الواضح أن شيئا ما كان يحدث فى ألمانيا • فقد كان آينشتين فى الواقع هدفا للهجوم هناك • فقد كان دائما ينتقد وبقسوة وصراحة العسكرية الألمانية ، أما ميوله للسلام ، واتجاهاته الاشتراكية ، اضافة لشهرته العالمية ، فلم تشفع له عند غلاة الوطنيين • ولأنهم كانوا فى مسيس الحاجة لأعذار تبرر هزيمتهم ، فقد انصبوا باللوم على اليهود ، وعلى دعاة السلام • وبدأت بعض الأحداث المؤسفة فى الوقوع • فقد نظمت فى عام ١٩٢٠ حملة جيدة التمويل معادية للسامية فى ألمانيا لتشويه صورة الرجل والهجوم على النظرية النسبية التى وصفت بأنها شيوعية ويهودية ، وأنها تسمم نبع العلوم الألمانى الصافى !! • وأنفق المنظمون على الحملة ببذخ ، وفى ٢٥ أغسطس نظم اجتماع حاشد ، أعلن عنه جيدا ، ضد النسبية فى قاعة الفيلهارمونى ببرلين ، وسرعان ما شاركت الصحافة الألمانية فى الحملة المضادة للنسبية • وحاول كل من لاو ونرنست وروبنز مقاومة هذه اللاعقلانية باصدار بيان مشترك موجه للصحافة ، أدانا فيه الهجمات الشخصية على آينشتين ودافعا عن النسبية ، وبينا أنه بصرف النظر عن النسبية فآينشتين يظل فيزيائيا له وزنه ، أما آينشتين ، هادىء الطبع كعادته ، والذى حضر الاجتماع كمشاهد ، فقد وجد نفسه مدفوعا لكتابة رد لم يلق ترحيبا كبيرا من الجماهير • ولم تكن الصحف البريطانية مبالغة عندما نقلت أنباء الهجمات على آينشتين ، والتى استاء لها القائم بالأعمال •

ولنتحدث في هذا الخصوص عن البروفيسور لينارد • فهو حاصل على جائزة نوبل لعام ١٩٠٥ ، وهو نفس العام الذى حقق فيه آينشتين تقدما باستخدام ملاحظاته التجريبية عن التأثيرات الكهروضوئية • وكان يجل آينشتين بما يقارب التقديس • ففى عام ١٩٠٩ على سبيل المثال ، كتب بحرارة لآينشتين باعتباره « مفكرا عميق النظر » ، وأن رسالة من آينشتين له مؤرخة عام ١٩٠٥ لا تزال أمامه على مكتبه • ولكن الزمن والأحداث غيرته ، فقد أصبح من أشد المنتقدين لآينشتين ، وكان لهجومه كبير الأثر بحكم مكانته العلمية ، وقد بدأ نقده مع الكثيرين غيره في مؤتمر العلماء الألمان عام ١٩٢٠ ، في جلسة ترأسها بلانك • وكان على علم مسبق بنوايا لينارد ، فأمكنه منع الكارثة ، رغم تبادل العبارات الحادة • وأصبح لينارد بعدها عضوا في الحزب النازى ، واشتد هجومه على آينشتين لعدة سنوات تالية •

وكان آينشتين قد كتب في خريف ١٩٢٠ للجمعية اليهودية الرسمية في برلين معبرا عن عدم استعداده لدفع الرسوم المطلوبة منه ، قائلا : « برغم احساسى العميق بأنى يهودى، الا أننى بعيد تماما عن الشكليات الدينية التقليدية» • وعرض عوضا عن ذلك أن يدفع تبرعا سنويا للأعمال الخيرية للجمعية ، وعندما ذكر بأنه ، كما هو الحال مع كافة الجماعات الدينية في ألمانيا ، كل يهودى بقوة القانون خاضع لضرائب الجماعات الدينية التابع لها ، أجاب : « لا يمكن اجبار أى انسان على الانضمام لجماعة دينية • شكرا لله ، لقد مضى ذلك العهد ، وللأبد ••• وأنا أعلن هنا بشكل قاطع أنه لا رغبة لدى في الانضمام ، وسأظل غير مرتبط بأية جماعة دينية رسمية » • واستمر هذا الجدل حتى فبراير من عام

١٩٢٤ ، عندما وافق على الانضمام ، بعد أن أدرك أنه يمكنه أن يفعل ذلك بمفهوم ثقافى لا دينى .

الا أنه فى نفس الوقت ، ومع تصاعد النزعة الصريحة المعادية للسامية بعد الحرب ، بدأ آينشتين يدرك أن ما حققه من شهرة جلبت معها مسئوليات تجاه اليهود ، ولم يعد بامكانه أن يقف مكتوف اليدين حيال معاناتهم ، والمخاطر المتزايدة التى تحيق بهم فى أوربا . وبرغم معارضته المعلنة للشعوبية ، فقد شعر بقوة أن عليه اعطاء الدعم للصهيونية . لقد أصبح حلم هرتزل المستحيل فى وطن قومى لليهود ، قريب المنال بسبب الحرب . ولم يكن قرار دعم الوطنية اليهودية سهلا عليه ، ولكنه اعتبر الوطن اليهودى تحقيقا لاحتياجات نفسية أساسية وثقافية وسياسية لليهود ، تتجمع فيها آمالهم وطموحاتهم ، واحساس جديد بالتوحد . ومن انجلترا أرسل حاييم وايزمان ، والذى أصبح فيما بعد أول رئيس لدولة اسرائيل ، فى مارس من عام ١٩٢١ رسالة خلال وسيط لآينشتين ، يخبره بأنه قد وضعت الخطط لانشاء جامعة عبرية فى القدس ، وكان وايزمان يرغب فى أن ينضم اليه آينشتين فى رحلة لجمع التبرعات فى أمريكا . ولم يعجب ذلك آينشتين ، فأعلن رفضه على الفور ، قائلا انه ليس بالخطيب ، وان اسمه سوف يستغل فى الدعاية . ولكن احساسه بالواجب تغلب عليه أخيرا ، فوافق ، رغم أن ذلك كان يعنى أن يفوته مؤتمر سولفاى التالى ، أول مؤتمر يعقد بعد الحرب .

وبمجرد تسرب الأخبار عن قرب زيارة آينشتين لأمريكا . انهالت عليه الدعوات البرقية من رؤساء الأكاديميات

العلمية ، لالقاء المحاضرات واستلام جوائز التكريم • وكان آينشتين قد حاضر فى براغ وفيينا عام ١٩٢١ ، ولكن لم تكن أى من المدينتين من دول محاربة لألمانيا • وكانت زيارته لأمريكا ايذانا بمرحلة جديدة من علاقات ما بعد الحرب ، فقد حاربت آمريكا ألمانيا ، ورغم ذلك فقد استقبله الأمريكيون بحماس منقطع النظير ، أذهل الرجل نفسه • وفى آبريل عام ١٩٢١ ، وبينما كانت السفينة ترسو فى الميناء ، حاصره الصحفيون على ظهرها • واستقبله عمدة نيويورك استقبالا رسميا ، كما لو كان بطلا قوميا ، ودعاه الرئيس هايدنج الى البيت الأبيض ، والأهم من كل ذلك التفاف العامة حوله وحبهم له ، فقد أسرهم ببساطته وبعده عن الادعاء • ولقى ترحيبا حارا فى الدوائر العلمية ، وأهدته جامعة كولومبيا ميدالية ، وقلدته جامعة برنستون الدكتوراه الفخرية • ونشرت باعتزاز محاضراته الأربع التى ألقاها هناك بعد ترجمتها فى كتاب طبع بعد ذلك ست طبعات رائجة •

وخلال حفل أقيم لتكريمه فى برنستون ، وعندما طلب منه التعليق على بعض التجارب التى لا تتفق مع مفاهيم النسبية وكذا ما قبل النسبية ، أجاب بتعليق شهير ، أشبه بعقيدة علمية ، سجله على الفور البروفيسور أوزوالد فبلن Oswald Veblen وبعد عدة أعوام ، فى عام ١٩٣٠ ، حينما قامت الجامعة بانشاء مبنى خاص للرياضيات ، طلب فبلن، ووافق آينشتين ، على أن يحفر ذلك التعليق أعلى المدفأة فى بهو المبنى ، وقد حفر باللغة الألمانية التى قيل بها ، وكان التعليق(١١) :
«Raffiniert ist der Hergott, aber boshaft ist er nicht »

(١١) الترجمة القريبة من المعنى : « سام هو الله ، ولكنه ليس شريرا » ــ (المراجع) •

وقد بين لفبلن أنه قصد أن الطبيعة تخفى أسرارها عن تسام وليس عن خداع ٠

وفيما يتعلق بمهمة جمع التبرعات ، فقد كان وجوده رصيدا بارزا ، واستطاع مع وايزمان جمع الملايين من الدولارات للصندوق الوطنى اليهودى ٠ وكما قال آينشتين لدى عودته الى برلين : « شكرا للطاقة التى لا تكل ، والتضحية الرائعة نجحنا فى جمع الأموال الكافية لانشاء كلية للطب ، وقد بدأت الأعمال التمهيدية على الفور » ٠

وقد خلفت تلك الزيارة أثرا بالغا على آينشتين ، فقد عمقت من احساسه بيهوديته ، وأكدت من دعمه للصهيونية ، وقد سبب اعلانه الصريح بذلك حرجا لليهود فى ألمانيا ، من الذين كانوا يأملون فى استيعابهم فى المجتمع ٠

وفى طريق عودته من أمريكا توقف لفترة وجيزة فى انجلترا ، حيث دعى ليحاضر فى جامعة مانشستر ، وكذلك فى الكلية الملكية بلندن ، لكن المشاعر المعادية لألمانيا كانت ما تزال قوية ، ولم يكن بامكان أحد توقع ما يمكن حدوثه خلال المحاضرات ٠ لقد تحدث بالألمانية ، لغة العدو ٠ ولكن محاضراته قوبلت بحماس ، فقد سحر سامعيه بقوة شخصيته وتلقائيته وبساطته وخفة ظله وتمكنه من علمه ، وهالة العظمة التى لا يمكن تفسيرها ، ولا يخفيها تواضعه ٠ وقد عومل طوال الرحلة كرمز حقيقى من رموز الفكر ، ومنحته جامعة مانشستر الدكتوراه الفخرية ، وفى لندن حل ل آينشتين كضيوف شرف فى منزل الفيسكونت هالدين ، رجل الدولة الفيلسوف ٠ وهناك وفى مواقع أخرى التقى

آينشتين بالنخبة من البريطانيين ، وبشكل عام ، وكما كان الرجلان يأملان ، فقد عززت الزيارة قضية التصالح الدولى·

وفى يونيو عاد آينشتين الى ألمانيا ، وأعقب ذلك بوقت قصير اطلاق اسمه على مرصد فلكى بنى حديثا تكريما له ·

ومن بين العلماء الذين وفدوا على برلين فى تلك الآونة للدراسة والعمل مع آينشتين كان المجرى الشاب ليو زيلارد Leon Szilard · وقد تمكنا سويا من التوصل الى ابتكار تقنية جديدة للتبريد ، وسوف نسمع عن ذلك الشاب فيما بعد ·

وفى مارس من عام ١٩٢٢ ، ومن خلال مجهودات بول لانجفين Paul Langevin ، والذى قاتل فى معركة المقاومة الفرنسية الباسلة ، حاضر آينشتين فى « كوليج دى فرانس » فى باريس · ومما يوضح مدى المرارة التى تخلفت عن الحرب ، أنها كانت أول مرة يحاضر فيها فى فرنسا ، وكان ذلك مع احتياطات أمن شديدة ، وكما يتذكر فى خطاب له عام ١٩٢١ : «لقد كان والتر راثينو (وزير خارجية ألمانيا) هو الذى نصحنى بقبول الدعوة لزيارة باريس كبادرة ، وكانت لا تزال تعتبر مجازفة بحق » · وفى باريس ، حيث التقى بالسياسيين والعلماء الفرنسيين ، أحس بأن تلك الزيارة عززت من قضية التصالح مجددا · ومما ضاعف سعادته أن التقى بصديقه سولوفين ، رفيق الأكاديمية الأولمبية ·

لكن كان هناك شىء قبيح يتنامى تحت السطح فى ألمانيا، تحول بسرعة الى العنف ، حينما اغتال اليمينيون المتطرفون راثينو ، وكان رجلا من دعاة التعاون الدولى، وكان يهوديا·

وآينشتين أيضا من دعاة التعاون الدولى ، ويهـودى · وقد سببت زيارته لفرنسا فى ألمانيا ، وكذا فى فرنسا ، مشـاعر رفض متعاظم فى بعض الدوائر · وحتى بين زملائه العلماء الألمان كانت هناك مشاعر وطنية متعصـبة ضده · كانـوا يرفضون الجلوس بجـواره ، بعضـهم عن اقتناع والبعض الآخر خوفا من أن يبدوا ودودين تجاهه ·

وعند الاجتماع المئوى للمؤتمر السنوى للعلماء الألمان فى ليبتزج فى سبتمبر ، كان من المقرر أن يكـون آينشتين متحدثا رئيسيا ، ولكن فى ٥ يوليو أحس بضرورة أن يكتب لبلانك فى كييل لالغاء المحاضرة ·

« بعض من يمكن الاعتداد برأيهم حذرونى من البقاء فى برلين خلال الفترة الحالية ، وخاصة تفادى الظهور بشكل علنى فى ألمانيا · يبدو أننى ممن يفترض أنهم معرضـون للاغتيال · وبالطبع ليس لدى دليل قاطع ، ولـكن بالنظـر للظروف الحالية يبدو الأمر معقولا · لو كان الأمر متعلقـا بقضية حيوية لم آكن لأتخلف لمثل هذا السبب ، ولكن الموقف محل البحث هو مجرد شكلية بسـيطة ، فيمـكن لأى شـخص (لاو مثلا) أن يأخذ مكانى بسهولة ، لكن المشكلة أن الصحف نشرت اسمى أكثر من اللازم ، وبذلك عبأت الرأى العـام حيالى ، وليس أمامى الا الصبر ، ومغادرة المدينة · أرجـو أن تأخذ هذه الحادثة الصغيرة ببساطة مثل موقفى تجاهها» ·

ولفترة عمل آينشتين بالنصيحة ، وظل منعزلا فى برلين ، وألغى محاضراته المعتادة · ولكن فى الأول من أغسطس ظهر علنا فى اجتماع حافل لمناهضة الحرب ، وبهذا العمل الجرىء

بين أنه لا يخضع للتهديد • وبذلك استرد حريته بالرغم من أنه لم يلق كلمته فى اجتماع ليبتزج •

وفى آكتوبر عام ١٩٢٢ ، وبدعوة من ناشر يابانى ، غادرت الآسرة لزيارة اليابان ، وأمضوا هناك ستة أسابيع • وفى تقرير أرسله السفير الألمانى فى اليابان شبه زيارة آينشتين بموكب المنتصرين • فأينما حل آينشتين تجمعت الجماهير المتحمسة بشكل تلقائى لالقاء نظرة عليه • واستقبلته الامبراطورة ، وتنافست الصحف لتغطية نشاطه بالتفاصيل الحقيقية والمختلقة ، وأمطروه بكل صنوف التكريم والتشريف ، وكل أنواع الهدايا • ومن جانبه فقد كان مأسورا بالسحر اليابانى الرائع • ويتذكر هذه الزيارة بعد ربع قرن بحرارة قائلا : « لقد أحببت الشعب والبلد لدرجة أننى لم أستطع مغالبة دموعى عندما تعين على أن أغادرها» •

وجاءت الزيارة ابعادا مطلوبا عن كل الضغوط التى تعرض لها فى برلين ، والتى أعقبت اغتيال راثينو • أما السفير الألمانى فى اليابان والذى أزعجه عدم التزامه بالتقاليد الرسمية ، فقد انجذب له بشدة ، وأبلغ برلين رسميا أن الرجل برغم التكريم الحار الذى تلقاه الا أنه ظل متواضعا ودودا بعيدا عن الادعاء • ومن الواضح أنه كان مختلفا عن كبار القوم الذين كانوا يزورون اليابان ، والذى كان عليه أن يتعامل معهم •

قبل وصول الباخرة التى تحمل آينشتين لليابان بأيام ، حملت الأنباء خبر فوزه بجائزة نوبل لعام ١٩٢١ « لما قدمه من خدمات للفيزياء النظرية وبشكل خاص لاكتشافه التأثيرات الكهروضوئية » • ولم يرد ذكر النسبية بشكل

خاص فى الاعلان الرسمى • كانت لا تزال مثار جدل علميا وسياسيا ، حيث كانت غير سهلة الفهم على الاطلاق ، علاوة على تعرضها للانتقادات الواسعة • أما القانون الجرىء للكهروضوئية فقد أصبح بعد ثبوته بتجربة ميليكان سببا وجيها لمنحه الجائزة ، وكان فى حد ذاته سببا أكثر من كاف أيضا •

ومن المعتاد عندما يتغيب الحائز على جائزة نوبل عن استلامها ، آن يتسلمها سفير بلاده فى السويد • وكان آينشتين راغبا أن يقوم سفير سويسرا بهذه المهمة ، لكن الألمان اعترضوا لعلمهم بقيمة ذلك الشرف • وأمكن حل هذه المشكلة بمناورة دبلوماسية قام بها سفير السويد فى ألمانيا ، باحضار الشهادة والميدالية له فى برلين • وعندما ألقى خطبة تسلم الجائزة متأخرة عن موعدها ، تجاهل الكلمات المتحفظة لاعلان الجائزة ، وتحدث بشكل صريح عن النسبية •

وواصل آينشتين موكب انتصاره من اليابان الى فلسطين، وكان استقبال اليهود له ذا مستوى خاص ، عمقته ذكريات الألفية المأساوية • وفى القدس ، وفى موقع جبل الرؤية Mont Scopus الذى أصبح فيما بعد مقر الجامعة العبرية ، حاضر باللغة الفرنسية وكتب فى يوميات رحلته : « كان على أن أبدأ بالعبرية ، لكنى كنت أقرؤها بصعوبة كبيرة •• » ، وقد عومل بتبجيل حيث دعى عند القائه محاضرته للحديث من « المقر أ (١٢) الذى ظل ينتظرك لألفى عام » • وقد تأثر بعمق بطموحات وأحلام الزعماء اليهود ، ولكنه عندما

---

(١٢) منصة لقراءة الكتاب المقدس ـ (المترجم) •

شاهدهم يتمايلون فى صلاة حزينة عند حائط المبكى ، أطلال المجد الغابر لهيكل سليمان ، كتب قائلا : « مشهد بائس لشعب له ماض ولكن بلا حاضر ولا مستقبل !! » ٠

ومن فلسطين توجه الى أسبانيا ، حيث استمر ، حسب قوله ، فى « عزف لحن النسبية » ، وسافر بالقطار من مدريد حتى الحدود الفرنسية بالمركبة الملكية التى وضعها الملك تحت تصرفه ٠ لكن عندما وصلت الأسرة للأراضى الفرنسية فى طريق عودتهم لبرلين كان قد ضاق ذرعا بالفخفخة التى أحاطت بسفرياته ، وقال لزوجته : « يمكنك أن تفعلى ما تشائين ، أما أنا فمسافر بالدرجة الثالثة » ٠

وعندما وصلوا برلين فى ربيع عام ١٩٢٣ ، كانت أوربا فى حالة توتر شديد ، اذ استولى الفاشيون على السلطة فى ايطاليا ، وأرسل بوانكريه ـ ليس هنرى عالم الرياضيات والفيزياء ، ولكن ابن عمه ريموند رئيس وزراء فرنسا ـ قواته الى منطقة الرور الصناعية الألمانية لاجبار ألمانيا على دفع تعويضات الحرب ٠ وكانت ألمانيا على أعتاب تضخم خطير ، أدى الى انهيار المارك ، مما بدد مدخرات الشعب ، ومهد الطريق أمام النازية ٠

وبرغم هذا كله ، فقد ظلت برلين فى السنوات التالية مركزا ذهبيا للعلم والثقافة الألمانية ٠ وظل آينشتين فيها لمعظم الوقت خلال تلك الحقبة ٠ وكان شغفه بالموسيقى معروفا ٠ وعندما قدم عازف البيانو الشهير جوزيف شوارتز Joseph Schwarz وابنه بوريس Boris عازف الكمان حفلة موسيقية فى برلين أعجبت أحد السياسيين ، أرسلهما الى آينشتين ٠ وفى شقته بدأ بوريس عزف كونشيرتو « پروخ

Bruch » بمقام G الصغير ، بمصاحبة أبيه ، وعندما وصل الى مقطع غنائى معبر ضمن الحركة الأولى ، وهى ما كان يستمتع بأدائها بنوع خاص ، لم يتمالك آينشتين من التعليق صائحا : « آه ·· من الواضح أنه يحب الكمان » · وبعد نهاية العزف ، أحضر آينشتين كمانه الخاصة وعزف ثلاثتهم السوناتات الثلاث لباخ وفيفالدى · وبذلك بدأت صداقة دامت طويلا ، وأثرتها ليال من العزف الموسيقى ·

ومن الجدير بالذكر ايراد ملاحظات عازف كمان محترف على عزف آينشتين · فقد وصف بوريس شوارتز نغماته بأنها شديدة النقاء مع « دندنة » بسيطة ، ولم يكن آينشتين معجبا بالموسيقى الحسية الساخنة للقرن التاسع عشر ، بل كان يفضل عليها موسيقى القرن الثامن عشر ، لموسيقيين أمثال باخ وفيفالدى وموزار وعلى الأخص موزار · أما بيتهوفن فى مقام C الصغير ، فقد كان فى نظره مثقلا بالعواطف ·

كان مؤتمر سولفاى الذى انقطعت جلساته بسبب الحرب قد استؤنف عام ١٩٢١ ، ولم يحضره آينشتين فى ذلك العام بسبب زيارته لأمريكا كما قدمنا ، وفى خريف ١٩٢٣ ، عندما جرى التخطيط لمؤتمر جديد فى بروكسل ، كانت المرارة حيال ألمانيا مازالت متأججة فى بلجيكا التى انتهك الألمان حيادها قبل تسع سنوات · وعندما علم أن العلماء الألمان الآخرين لم يدعوا للمؤتمر ، أصر ، برغم الحاح المنظمين ، على عدم استلام دعوة هو الآخر ، وأعلن أنه لن يحضر مؤتمرا علميا يستبعد منه علماء آخرون لمجرد أنهم من الألمان ·

وبمرور السنوات تزايدت بلبلته حيال عصبة الأمم ، وامكانات تحقيق السلام خلال الاتفاق الدولى • ولقد أدرك أن القوى المسيطرة قد تورطت فى معركة حياة أو موت ، ولا يمكن ردعها بمجرد التفاوض ، الا أنه كعضو فى لجنة التعاون الثقافى تحت رعاية عصبة الأمم عمل بجد مع زملائه من البلاد الأخرى على أمل تحقيق شىء ملموس ، حتى ولو كان غير كاف • وقد كتب عن هذه اللجنة لاحقا : « برغم أن أعضاءها كانوا من المشاهير اللامعين ، الا أنها كانت أكثر مهمة فشلا ساهمت فيها » •

وفى عام ١٩٢٨ ، وبينما كان فى زيارة لسويسرا تعرض لنوبة قلبية وأعيد لبرلين • وبعد عدة أشهر أبل من مرضه ، واستطاع مغادرة الفراش ، لكنه كان يستعيد عافيته ببطء • وكما كان قبلا ظل يدعم بقوة قضية السلام • وعلى سبيل المثال فقد كتب عام ١٩٢٨ : « وليس من حق أحد أن يعتبر نفسه مسيحيا أو يهوديا اذا كان مستعدا للقتل بناء على تعليمات من سلطة معينة • أو اذا سمح لنفسه أن يستخدم بهدف البدء أو الاعداد لمثل هذه الجريمة بأى شكل على الاطلاق » • وفى فبراير عام ١٩٢٩ قبل عيد ميلاده الخمسين بوقت قليل كان أكثر صراحة وتحديدا فى البيان التالى : « فى حالة قيام الحرب ، سأرفض بشكل قاطع أى اسهام مباشر كان أو غير مباشر ، وسأسعى لاقناع أصدقائى بتبنى نفس الموقف ، بصرف النظر عن احساسى تجاه الأسباب لأية حرب بالذات » •

كان عيد ميلاده الخمسون حدثا عالميا تخوف منه ، ولأنه كان عالما بما يمكن حدوثه ، فقد اختبأ عن الأنظار • ولم تخل المناسبة من بعض المفارقات • فعلى سبيل المثال ، فى

ذلك اليوم الذى انهالت فيه البرقيات حاملة التهنئة ، كان من بعض الحضور لشــقته التى ولى منهــا هاربا موظف ضرائب بسيط • وبالطبع لم يكن يحمل هدايا ، بل جاء لممارسة عمله الرسمى • وعندما علم أنه قد جاء فى عيد ميلاد ذلك الرجل العظيم ، انسحب معتذرا وقد تملكه الخجل ، وكان هـــذا الاعتذار من الموظف البسيط مجاملة عفوية أكبر من كثير من المجاملات التى تلقاها •

وقد كان آينشتين معروفا بحبه للاسترخاء من خــلال الابحــار فى نهــر الهافيــل وبحــيراته بالقرب من برلين ، والاستمتاع بحرارة الشمس ، والعزلة التى تمكن عقله من الانطلاق فى أرجاء الكون الرحب • ورغبة فى تكريمه صوت مسئولو المدينة على منحه هدية فى عيد ميلاده فى صورة أرض وبيت على ضفاف ذلك النهر • وبعد عــدة خيــارات فاشلة ، طلب المسئولون منه أن يساعدهم بالبحث عن موقع مناسب له ، على أن يقوم مجلس المدينة بشرائه لحسابه • وتوصلت ايلزا الى موقع بهيج بين الأشجار ، وقريب من النهر فى قرية كابوت بجوار بوتسدام • ووافق المسئولون ، وبدا كما لو أن الأمر قد وجد حلا موفقا • ولكن مسألة شراء مجلس المدينــة للأرض أثار جدلا سياسيا ، وبدأ يتخذ نغمة عدائية ، وبذلك فقدت الهدية قيمتها • ووضع آينشتين حدا للجدل برفضــه للهدية غير الموجودة • ووفاء بالاتفاق الذى تم بالفعل فقــد استخدم بعضا من مدخــراته لدفع قيمــة الأرض التى اتفق عليها ، وبناء منزل صيفى فيها •

ورغم أن هذا العمل اســتنفد مدخراته ، الا أنه كان استثمارا طيبا • وكانت طبيعة آينشتين من رفض الرسميات فى الملبس والمسلك أكثر اتساقا مع هذا الوضع الريفى منها

عما فى الدوائر الأكاديمية فى برلين · وقد أمضت الأسرة عدة مواسم صيف سعيدة فى « كابوت » مستمتعين بالنهر والبعد عن الناس ·

وقد أمضت الأسرة شتاء عام ١٩٣٠ ــ ١٩٣١ والشتاء التالى فى الولايات المتحدة ، حيث كان آينشتين أستاذا زائرا فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، بناء على دعوة ميليكان الذى كان مديرا للمعهد آنذاك ، وكانت تنسحب بعد ذلك لمعتزلها الصيفى فى كابوت · ولكن النكبة كانت تتعاظم ، ففى خريف عام ١٩٢٩ سادت بورصة الأوراق المالية فى نيويورك موجة من البيع المذعور ، كان ايذانا بانهيار واسع فى الاقتصاد العالمى ، تلاه ما عرف بالكساد العظيم قدر له أن يطول أمده وبشكل حاد ، ففقد الكثيرون وظائفهم ، ولم يجد الشباب فرصة لهم للعمل ، وكان البؤس السياسى فى كل مكان خاصة فى ألمانيا حيث أصبحت مرتعا خصبا للغوغائية · ولكن كبار رجال الصناعة الذين ــ خوفا من ثورة شيوعية ــ أعطوا دعما كبيرا للنازية عقدوا عليها آمالا خاطئة عند وصولهم للحكم · وحدث فى أمريكا فى نفس الوقت تقريبا أن قدم اثنان من محبى الخير اليهود ، وهما لويس بامبرجر وشقيقته مسز فليكس فلود دعما ماليا كبيرا لأحد رجال التعليم البارزين ، ابراهام فلكسنر Abraham Flexner ؛ ليمكنه من تحقيق حلمه فى انشاء معهد للدراسات المتقدمة · وكان المتصور أن يكون المعهد تجميعا للعلماء البارزين مع دعمهم ماليا بقدر مناسب ، وعدم تكليفهم بمهام رسمية ليصبحوا قادرين على تكريس كل طاقتهم للعلم فقط ·

وكان نجم النازيين يتصاعد سريعا ، وكان ذلك راجعا من بين أسباب أخرى للدعم المالى الذى قدمه رجال الصناعة

الألمان ، وبحلول يناير عام ١٩٣٣ أصبح هتلر مستشار ألمانيا ، وفى مارس تمكن من اكتساب سلطات دكتاتورية مطلقة ، وأصبحت حرية الكلمة ، بل والحرية ذاتها ، مجرد ذكرى ، وحل محلها الرعب داخل ألمانيا ٠

وفى ربيع ١٩٣٢ كان آينشتين فى زيارة لأكسفورد ، كعادته فى مناسبات سابقة ٠ وهناك ، وكما حدث من قبل فى باسادينا ، حضر فلكسنر للتباحث فى موضوع المعهد المزمع انشاؤه ، وواتته فكرة أن يعرض على آينشتين أن يصبح عضوا فى المعهد ، وغامر بفتح الموضوع ، وكان آينشتين قد رفض عرضا جذابا من فيبلن فى ١٩٢٧ بمنصب أستاذ فى جامعة برنستون بحجة أنه قد أصبح عجوزا لا يقوى على التنقل ٠ ولكن الآن ، وباستشراف مستقبل ألمانيا ، فقد كان أكثر استعدادا لقبول عرض فلكسنر ، رغم أنه لم يكن راغبا فى الابتعاد عن زملائه الألمان ٠

وفى الصيف حضر فلكسنر الى « كابوت » لمواصلة النقاش ، ورغبة منه فى ضم آينشتين للمعهد المزمع انشاؤه طلب منه أن يحدد الراتب الذى يريده ٠ وخلال بضعة أيام كتب آينشتين ما كان يراه ، بالنظر الى احتياجاته وشهرته ، مبلغا معقولا ٠ ولكن فلكسنر لم يقبل مبلغا بهذا التواضع الذى لن يقبل علماء أمريكا بمثله ، خاصة وأنه لم يكن يتصور أن يعطى عالما آخر ما يفوق مرتب آينشتين ٠ وقبل آينشتين رفع راتبه ، وترك التفاصيل لزوجته الزا التى كانت ماهرة فى مثل هذه الشؤون ٠ وكان الترتيب أن يقضى آينشتين جزءا من العام فى المعهد بأمريكا ، وبقية العام فى ألمانيا ٠ ولم يكن ذلك ليبدأ على الفور حيث انه كان لا يزال ملتزما بالعمل عاما ثالثا في باسادينا ٠

وفى هـذه المرة حينما تقـدم للحصول على التأشـيرة اعترضت جمعية نسائية صغيرة بشكل صاخب على السماح له بدخول الولايات المتحـدة بدعوى أنه شـيوعى فى داخله ، وكان رده لاذعا :

« لم يسبق لى أن تعرضت من الجنس اللطيف لمثل هذا الاعتراض ، وأن حـدث ، فلم يكن أبدا بمثل هذا العدد الكبير فى نفس الوقت ·

ولكن ، ألسن على حق تلكم السيدات المواطنات الـواعيات ؟ لمـاذا تفتح الأبـواب لرجـل يلتهم الرأسماليين بعد شيهم تماما بمثـل الشراهة التى كان يلتهم بها المينوتور (١٣) الكريتى العذارى اليونانيات الفاتنات ، وعلاوة على ذلك فهـو من الشر بحيث يرفض كافة أشكال الحروب ، عدا تلك المثـارة بين الرجـل وزوجتـه ؟ فلتسـمعوا اذن لمواطناتكم المخلصـات ، ولتتذكروا أن كابيتـول روما العظيمة قد أنقذ ذات مرة بصياح الأوزات المخلصات » ·

أما فيما يتعلق بالشيوعيين الروس فى ذلك الوقت ، فلم يكن آينشتين من طراز المثقف الذى يفتن بالمسـتحدث لمجـرد حداثته ، لأن ثقافته كانت قضية عمر ، وفى ٢٣ يونيو كتب رافضا التوقيع على بيان مضاد للحرب :

« بسبب ما يعنيه من تمجيد للروس لا أستطيع التوقيع · لقد حاولت وبقوة أن أكون فكرة عمـا يجرى هناك ، وقد توصلت لنتائج كئيبة · يبـدو

---

(١٣) حيوان خرافى نصفه رجل ونصفه ثور ــ (المترجمة) ·

أن هناك على القمة صراعا شخصيا استخدمت فيه أسوأ الوسائل على أيدى أفراد متعطشين للسلطة بدافع من الأنانية المجردة ، وفى القاع نجد القهر التام للفرد ولحرية القول ، يتعجب المرء ما قيمة الحياة تحت هذه الظروف !! » .

وكان من نتائج مؤتمر سولفاى فى بروكسل أن نشأت صداقة رائعة بين آينشتين والملك ألبرت والملكة اليزابيث ، وفى مقطع رسالة كتبها لزوجته عن زيارة قام بها لهما قال:

« استقبلت بحرارة أسرتنى .. هذان الملكان على نقاء ولطف قل أن يوجدا .. تحدثنا فى البداية قرابة الساعة ، بعدها عزفت مع الملكة مقطوعات موسيقية لعدة ساعات مرحة . ثم انصرف الجميع وبقيت لتناول العشاء مع الملك والملكة وحدنا ، على الطريقة النباتية وبلا خدم ، وكان مكونا من السبانخ والبيض المسلوق والبطاطس . (لم يكن من المتوقع أن أبقى للعشاء) ، لقد أحببت المكان جدا ، وأعتقد أن الاحساس متبادل » .

وعندما تولى هتلر السلطة كان آينشتين فى باسادينا ، وأدرك على الفور عدم استطاعته العودة لألمانيا ، وفى مارس عام ١٩٣٣ أعلن قراره بعدم العودة فى بيان انتقادى حاد . واتجه الى بلجيكا حيث مكث تحت حماية بأوامر الملك وسط تكهنات بمحاولة لاغتياله .

وتلقى دعوات حارة بوظائف أكاديمية بينما النازيون يصادرون حسابه المصرفى ومحتويات ودائع زوجته ، والأرض والمنزل الصيفى فى كابوت ، وبذلك استولت الدولة على المنحة التى لم تقدمها . وانضمت أعماله لمجموعة الكتب

المرموقة التى أحرقها النازيون، وكانت نيرانها رمزا للاظلام . وبوصف أعمال آينشتين أنها يهودية ، كان النازيون فى جنون لمعاداة السامية ، ولكنهم كانوا غير واعين بالتشريف الهائل الذى أضافوه على اليهود . وبدأ طرد اليهود من المناصب الأكاديمية بمرسوم من الحكومة النازية ، وحيل بينهم وبين العديد من المهن وأصابهم الفقر والعوز ، أما الألمان الذين تجرءوا على الحديث ضد الشمولية فقد تعرضوا للسجن والتعذيب والموت .

وفى ٢٨ مارس استقال آينشتين من الأكاديمية البروسية التى ، كما علم فيما بعد ، كانت على وشك طرده منها . كما اتخذ الخطوات ، لثانى مرة فى حياته للتخلى عن الجنسية الألمانية ، ورغم ذلك فقد أقدم النازيون على الغاء جنسيته بعد ذلك ، وفى سخرية مريرة شبه آينشتين هذا الاجراء بشنق موسيلينى بعد اعدامه .

وقد اتهمت الأكاديمية البروسية آينشتين ، خلال الاعداد لطرده من عضويتها ، بأنه قام بنشر قصص عدائية عن ألمانيا فى بلاد أجنبية . وقد فند آينشتين هذه المزاعم ، كما يبدو من لهجته فى المقطع من الرسالة التالية فى رده فى الأكاديمية :

« قد ذكرتم أيضا أن « كلمة طيبة من جانبى لصالح الشعب الألمانى كان من الممكن أن تؤتى أثرا طيبا » ، وردى على ذلك أن مثل هذه الشهادة بالشكل الذى اقترحتموه ستكون بمثابة تنصل من كل أفكار العدالة والحرية التى اعتنقتها طيلة حياتى . ومثل هذه الشهادة لم يكن من شأنها الا أن تدعم قضية أولئك الساعين لتقويض الأفكار والمبادىء التى اكتسب بها الشعب الألمانى موقعا

مشرفا فى العالم المتمدين • وبادلائى بهذه الشهادة فى الظروف الراهنة أكون مشاركا ، ولو بشكل غير مباشر ، فى الفســاد الأخـلاقى وتدمير كل القيم الحضارية السائدة » •

فى تلك الأيام انضم العـديد من أعضـاء الأكاديمية ، مدفوعين بمشاعر الوطنية، للهجمة المحمومة المعادية لآينشتين • لكن لاو ونرنست وبلانك لم يرضخوا لها ، وفى اجتمـاع الأكاديمية فى ١١ مايو ١٩٣٣ بعـد أسـابيع من اسـتقالة آينشتين أعلن بلانك البيان الجرىء التالى :

« أعتقـد أنى أتحـدث نيـابة عن زمـلائى الأكاديميين فى الفيزياء ، وأيضـا عن الأغلبيـة العظمى من الفيزيائيين الألمـان عنـدما أعلن ان آينشتين ليس فقط واحدا من العديد من الفيزيائيين البارزين ، بل على العكس ، ان مستر آينشتين هـو الفيزيائى الذى تعمقت الفيزياء من خلال أعماله التى نشرتهـا أكاديميتنـا ، وان أهميـة أعماله لا تقارن الا بانجازات « جوهان كبلر » و « اسحق نيوتن » •

ولم يكن بامكان بلانك القيام بهذا التعاطف بسهولة فى تلك الأيام العصيبة ، وعلى ذلك فيعتبر هذا الموقف هو الأعظم من بين المواقف التى أسـداها بلانك لآينشتين طيلة حياته ، فحتى فى حقبة سيطرة النازى فقد قال بلانك الحقيقة كمـا يراها • وفى احدى المناسبات أغضب هتلر فقال له وجها لوجه انه لولا كبر سنه لأرسله الى معسكر اعتقال •

وفى آبريل من نفس العام انسحب آينشتين من الأكاديمية البافارية ، وكان عضوا مراسلا لها ، قائلا :

« فى حدود علمى فقد وقفت الجمعيات العلمية فى ألمانيا فى سلبية وسكون ، بينما الأغلبية من العلماء والطلبة والأساتذة الأكاديميين وأصحاب المهن الذين تدربوا فى الجامعات يحرمون من الوظائف وسبل المعيشة • لا أريد الانتماء لأية جماعة تتصرف على هذا النحو حتى ولو كانت تفعل ذلك تحت الاجبار » •

وكان ذلك قبل معسكرات الاعدام ، ولكن آينشتين كان قد هاله بالفعل فظائع النازى والخطر المحدق بالحضارة العالمية من ألمانيا الشمولية القائمة على الحرب والقمع الوحشى • كان طيلة حياته داعيا صريحا للسلم • ونتذكر هنا بياناته المباشرة عامى ١٩٢٨ و ١٩٢٩ وهى مجرد أمثلة للبيانات العديدة الجياشة التى أصدرها نيابة عن المنظمات الداعية للسلام واللاعنف فى كل أنحاء العالم • والآن فى « لو كوك سير مير Le Coq-sur-mer » واجه محنة أخلاقية مريرة ، وبعد ترو روحى طويل اختار ما أحس أنه أهون الشرين • وفى ٢٠ يوليو عام ١٩٣٣ أعلن :

« ما سأقوله الآن سيدهشكم كثيرا ، تخيلوا أن بلجيكا قد احتلتها ألمانيا الحالية ، ستكون الأمور أسوأ بكثير من عام ١٩١٤ رغم أنها كانت سيئة بما يكفى • لذلك يجب أن أقول صراحة ، لو كنت بلجيكيا لم أكن ، فى ظل الظروف الحالية ، لأرفض الخدمة العسكرية ، بل على العكس كنت أسارع فى الالتحاق بها بحماس بناء على الاعتقاد بأنى أساعد

بذلك فى الحفاظ على الحضارة الأوربية • ولا يعنى ذلك أنى أتخلى عن المبدأ الذى أعتنقه ، وآمل بكل اخلاص أن يعود اليوم الذى يكون فيه رفض الخدمة العسكرية طريقا مثاليا نخدمة قضية التقدم الانسانى » •

ولقد استاء بعض من دعاة السلام من ذلك ، واعتبروا الرجل مرتدا ، ولكن كما قال فى عام ١٩٣٥ : « فى مثل هذه الأوقات فان أى اضعاف للدول الديمقراطية بفعل السياسات الرافضة للخدمة العسكرية ، يعادل بالفعل خيانة قضية الحضارة الانسانية » • ورغم ما تعرض له من انتقادات مريرة من دعاة السلام ، الا أنه استمر فى التعبير عن آرائه الجديدة ، وكذا فعل دعاة آخرون للسلام ، مثل برتراند راسل •

وفى يونيو ١٩٣٣ سافر آينشتين الى انجلترا ، وفى أكسفورد ألقى محاضرة بعنوان « حول الفيزياء النظرية » ، وشدد فيها ، بحكمة السنين الصافية ، على أن : « المفاهيم والمبادىء الأساسية التى تشكل الأساس (للفيزياء النظرية) هى من وضع التصورات الحرة للعقل الانسانى المبدع » ، وأنها « تمثل الجانب الأساسى من النظرية ، والذى لا يمكن للمنطق الاقتراب منه » • وبعد القاء العديد من المحاضرات عاد الى قرية « لو كوك » • وفى أواخر صيف ١٩٣٣ عاد الى انجلترا مرة أخرى حيث عاش فى عزلة نسبية فى «كرومر» ، وكان سعيدا بمضى الأيام دون أن يدرى حسابها وهو غارق فى العمل على حساباته • وأعلن فى أعقابها أن الوظيفة المثالية لعالم الفيزياء النظرية هى أن يكون حارس الفنار • وقد أوضح وجهة نظره ، تلك فى خطاباته من « كرومر » ،

اذ كتب يقول : «انتى فى سلام رائع هنا ، ولقد أدركت الآن الى آى مدى آكون عادة تحت الضغوط ، وأنى لأستمتع بالوحدة والهدوء هنا حقا ، بامكان المرء أن يفكر بطريقة أكثر وضوحا ، ويحس بصورة أفضل بشكل لا يقارن » • وخلال وجوده فى انجلترا تحدث مع رجال بارزين من بينهم تشرشل عن التهديد الذى يمثله اعادة تسليح ألمانيا ، وفى ٣ أكتوبر تحدث علنا فى جمع بريطانى حاشد نيابة عن لجنة شكلها رجال مثل « رذرفورد » : لمساعدة العلماء اللاجئين من ألمانيا النازية •

وكانت تلك نهاية عهده بأوربا •

وقد غادر الى أمريكا مصطحبا زوجته وسكرتيرته ومساعده البروفيسور «والتر ماير» ، وبلغها فى ١٧ أكتوبر عام ١٩٣٣ ، واعتبر وصوله للبلاد مناسبة هامة • وعلى الفور تقريبا دعاه الرئيس روزفلت لقضاء الليلة ضيفا فى البيت الأبيض ، وعندما التقيا فى يناير وجد الرجلان اهتماما مشتركا يجمعهما فى حبهما للابحار فى الزوارق ، وهو موضوع يمكن لهما الحديث فيه كخبراء ولكنهما تحدثا أيضا عن الأحوال المتعاظمة فى أوربا •

كان فلكسنر قد اختار«برينستون Princeton » ، نيوجرسى، مكانا لمعهده وبالفعل ، وحتى اكتمال مبانيه ، كان مقره المعهد الفنى فى جامعة برينستون ، وكانت تلك المدينة الصغيرة ملاذا لآينشتين • واستمر فى انتقاد النازى بشدة وبلا حماية أو احتياطات أمن ، وتجول فى الشوارع الآمنة لتلك البلدة بلا خوف ، وكان الناس مندهشين لبعده عن الرسميات ، وقربه ذلك من قلوبهم ، وقد قدر له أن يقضى بقية أيامه فى هذه البقعة الهادئة •

الفصل العاشر

المعركة والقنبلة

بعد أن استقر آينشتين آمنا في برنستون ، يمكننا الآن العودة لنسرد ، في خطوط عامة ، التطورات غير العادية التى حدثت فى تلك الأثناء فى النظرية الذرية ٠

لنتذكر أن آينشتين ، خلال أيام مكتب البراءات ، قد طبق فكرة بلانك الثورية عن الكم فى نظرية الضوء ، ونظرية الحرارة الداخلية ٠ وفى مؤتمر سولفاى عام ١٩١١ ، وبفضل أعماله عن الحرارة ، أصبح من الواضح أن « الكم » يجب أن يؤخذ فى الاعتبار بشكل جاد ، وبالنتيجة ، أصبح من الواضح أيضا أن الكثير قد غدا غامضا ٠ فنظرية الكم متعارضة على خط مستقيم مع كل من ماكسويل ونيوتن ، ولم تكن هناك طريقة للتوفيق بين الجديد والقديم ، وأصبح العلم فى أزمة حادة ، أعمق بكثير مما كان متصورا ٠

ومن بين النخبة التى حضرت مؤتمر سولفاى المذكور كان ارنست رذرفورد النيوزيلندى المولد ، ورائد فيزياء الذرة على مستوى العالم ٠ وهو حائز على جائزة نوبل عن

أعماله عن طبيعة النشاط الاشعاعى فى كندا ، وكان وقتهـا أستاذا فى جامعة مانشستر ، جامعا حوله فريقا من الباحثين المبرزين • وبصفته رائدا هو نفسه ، فقـد كان يستمتع بالمناقشات المجددة حول الـكم ، والتى دارت فى المـؤتمر • وعند عودته الى مانشستر أعاد تلك المناقشات بحرارة عـلى أسـماع الفيزيائى الدانيمـاركى الشـاب « نيلز بـوهر Niels Bohr » وهو حديث ظل يتذكره الى نهاية عمره

فى بدايات ١٩١١ ، اقترح رذرفورد فكـرة أن الذرة تتكون من نواة ضخمة نسبيا ، وان كانت غاية فى الضآلة ، تحيط بها الكترونات كوكبية ، نظام شمسى دقيق مترابط بقوى كهربية وليس جاذبية • وكان ذلك الاكتشاف المصيرى مرتكزا ببراعة على التجربة ، ولكن نموذجه ذاك كان معيبا ، حيث انه طبقا لنظرية ماكسويل مصيره الانهيار ، فلن تظل الالكترونات فى مداراتها الثابتة ، بل سـوف تشـع طاقتها على هيئة موجات كهرومغناطيسية ، فتتجه فى حركة لولبيـة نحو النواة لتنهار داخلها • لم يكن هناك من أمل فى أن تظل ثابتة أو أن تشع خطوط الطيف كما يشاهد بالتجربة •

وفى عام ١٩١٣ ، عندما عاد بوهر للدانيمارك ، تدخل لانقاذ الموقف • لقد تحدى آينشتين ماكسويل ، وقرر بوهر أن يتحداه بدرجة أكبر ، وبنفس السلاح ، نظرية الكم •

كان هم بوهر الأول أن يضع تصورا نظريا لا تنهار فيه ذرة رذرفورد • تصور ستارة لنافذة ، تتحرك بحيث تدخـل المطلوب من ضـوء الشمس ، وأن هـذه السـتارة مصـممة بـ «سقاطات» على مسافات محددة ، عندئذ لن يكون التغير فى

مكان الستارة كما نحب ، بل لا يكون الا عند تلك السقاطات · هذا ما تصوره بلانك بالنسبة للاشعاع ، لن يكون عند أى من الاهتزازات ، بل عند قيم محددة ، تحددها قيمة « الكم » لطاقاتها · وسبق أن التقط آينشتين فكرة القيم المحددة تلك ، مستشفا مدى أهميتها ، وطبقها على الحرارة والضوء ، وها هو بوهر يقحمها على الذرة ليمنعها من الانهيار ·

وفى تحد سافر لقاعدة ماكسويل ، أعلن بوهر أن الالكترونات لن تظل فى مداراتها فقط ، بل وانها لن تشع أثناء دورانها ، واستمر فى طريق الهرطقة ذلك ليقرر أن المدارات لن تكون الا بقيم محددة البعد عن النواة ، ولن يسمح بقيم بينية لها · أما عن الاشعاع ، فقد قرر أنه لا يكون أثناء دوران الالكترون حول النواة ، ولكن عند انتقاله من مدار لآخر من المدارات المسموح بها · وقال ان ترددات الضوء مرتبطة بالتغير فى طاقة الالكترون وفقا لقاعدة الكم ، وان العلاقة بين الطاقة والتردد محددة بثابت بلانك · وبين أن تلك القواعد فى صورتها الرياضية الأكثر تفصيلا تؤدى الى نتائج فى توافق غير عادى مع التجارب · وقبل كل شىء ، ورغم أن هذا تم ادراكه لاحقا ، فقد أظهر صدق حدسه الفريزى برفضه الحديث عما يحدث خلال قفزة الالكترون بين مدار وآخر ·

كانت نظرية بوهر عن ذرة رذرفورد احدى نقاط التحول فى الفيزياء ، وسرعان ما جلبت الشهرة له · الا أنها ، وباعترافه ، كانت تزاوجا بين المفاهيم التقليدية والكمية ، بحيث رفضها كبار الفيزيقيين فى أول الأمر ، باعتبارها هراء · وقد كتب بوهر بانفعال عام ١٩٥٨ : « خارج

مجموعة مانشستر كانت أفكارى تقابل بتردد شديد » ٠ وبالتاكيد يمكن اعتبار نظريته وبحق هراء كبيرا ، هراء ملهم ، تحفة من صدق الحدس ، ولنترك آينشتين يتحدث بنفسه عن قيمتها ٠ ففى خريف ١٩١٣ ذكرها باعتبارها « أحد أعظم الاكتشافات » وأبدى الاعجاب بوجه خاص بـ«الانجاز الرائع» بربط الضوء بالقفزات الكمية للالكترون، بدلا من ذبذبته ، حسب الاعتقاد الشائع طبقا للأسس الماكسويلية ، بل وحتى الكمية ٠ وفى سيرته الذاتية التى كتبت بعد ذلك بثلاثين عاما ، وبعد أن تخطى العلم بكثير نظرية بوهر ، تكلم آينشتين عن سنوات ما قبل الحرب الأولى :

« كل محاولاتى ٠٠٠ فشلت تماما ٠ بدا الأمر كما لو أن الأرض قد مادت تحت قدمى ، وبلا أى أساس ثابت يجده المرء أينما حاول ليبنى عليه ٠ لكن هذه الأسس المهتزة والمتعارضة والمتناقضة كانت كافية لتمكين رجل فى مثل حدس وحساسية بوهر الفريدة ليكتشف القوانين الأساسية لخطوط الطيف ، وكذلك مدارات الالكترونات، بكل دلائلها للكيمياء ٠ يبدو لى ذلك وكأنه معجزة ٠٠ وهى كذلك حتى اليوم ٠ هى أرقى صور التناسق فى مجال الفكر » ٠

فى عام ١٩٠٠ ، حينما استخلص بلانك معادلته عن اشعاع الجسم الأسود ، لم يستطع تفادى الخلط بين الأفكار الماكسويلية والكمية ، رغم ما بينهما من تناقض ٠ وفى ١٩١٦ وجد آينشتين مدخلا كميا جديدا تفادى به المفاهيم الماكسويلية الكهرومغناطيسية ٠ وقد أظهر نجاح نظرية

بوهر أنه فيما يتعلق بالطاقة الداخلية ، فان الذرة تشبه سلسلة من المستويات أو الخطوات • ولقد تأكد وجود هذه المستويات بالفعل بتجارب مباشرة ، وأدرك آينشتين أنه آيا كان مصير نظرية بوهر بما فيها من خلط بين المفاهيم، فان مفهوم مستويات الطاقة سيظل حيا • ومن ثم فقد اتخذ منها أساسا آمنا ليبنى عليه • وباستخدام المنطق الاحتمالى ، وبدون افتراض الفوتونات ، وجد ، وبنص ما قاله ، اشتقاق « بسيط بشكل مذهل » من معادلة بلانك لاشعاع الجسم الأسود • بل وقد وجد المزيد ، ولم يكن يخفى سروره البالغ بالطريقة التى انسجمت بها كافة الأجزاء • وعندما نشر العمل كتب عنها « نفخر ببساطتها وعموميتها » ولم يكن فى ذلك مبالغا • كانت عملا لآينشتين بحق ، وكان محقا عندما اعتبرها من بين آفضل أعماله ، وقد كان تأثيرها على بوهر عظيما ، وبالتالى على تطور الفيزياء الكمية برمتها •

والفكرة الأساسية سهلة الاستيعاب • افترض آينشتين غازا مكونا من ذرات كلها من نفس النوع • ولنفترض للتبسيط آن لها مستويين للطاقة فقط • ولنتحدث من البداية عن جسيمات الضوء ، الفوتونات ، ولو أن آينشتين لم يكن محتاجا لها • ولنفترض أيضا أن الفوتونات كلها لها طاقات تتناسب بالضبط مع مستويى الطاقة المشار اليهما • وأنه عندما تكون الذرة فى المستوى الأدنى نطلق عليها مصطلح « فارغة » ، وعندما تكون فى المستوى الأعلى نطلق عليها « ممتلئة » • وعلى ذلك فعندما تمتص ذرة فارغة فوتونا فانها تصبح ممتلئة • وحين تطلق ذرة ممتلئة فوتونا فانها تصبح فارغة •

هنا يضع آينشتين ثلاث قواعد، اثنتان منهما سنذكرهما الآن والثالثة فيما بعد • والقواعد الثلاث هي المقابل الكمي لعمليات ماكسويل • تظل الذرة فارغة حتى يصلها فوتون ، أما الممتلئة فتشع ما بها من فوتونات تلقائيا ، أى دون أى استثارة خارجية • ولما كنا نفتقد آية معلومات عن العمليات الداخلية فى الذرة ، فليس بامكاننا أن نتوقع متى ستطلق فوتوناتها • لذلك سوف نفترض أنه اذا كان لدينا العديد من الذرات والفوتونات فان الاشعاع سيكون عشوائيا ، ونضع معادلة احتمالات لتعبر عن هذه العشوائية • وهى من نفس نوع المعادلات الاحصائية التى استخدمها رذرفورد وآخرون فى التعامل مع الاضمحلال الاشعاعى لنواة الذرة •

لدينا للآن عمليتان ، ذرات فارغة تمتص فوتونات عندما تصل اليها ، فتنتقل للمستوى الأعلى ، وذرات ممتلئة تطلق فوتونات تلقائيا عند لحظات غير ممكن توقعها ، فتهبط للمستوى الأدنى • ونسمى هذه العملية الاشعاع التلقائى spontaneous emission ، وينبغى أن يكون معدل الاشعاع مساويا لمعدل الامتصاص • ولكننا لو اكتفينا بالقاعدتين المذكورتين فقط ، فلن نصل الى معادلة بلانك لاشعاع الجسم الأسود • وقد أدرك آينشتين أنه لابد من وجود عملية ثالثة للتوصل اليها • لنفرض أن ذرة ممتلئة صادفت فوتونا ، المفترض أنها لن تعيره التفاتا ، وهنا افترض آينشتين أنها قد تحاول امتصاصه (١٤) ، وأنه عندما تفعل ذلك ، ينطلق منها الفوتونان معا ، ما بها أصلا وما امتصته زائدا عن حاجتها ، فتصبح بذلك فارغة • قد يكون هذا من قبيل

---

(١٤) هل نسميها فى هذه الحالة « جشعة » ؟ — (المراجع) •

خرافات ايسوب ذات المعانى الأخلاقية ، ولكن هذه العملية ذات أهمية علمية كبرى وتسمى الاشعاع المستثار stimulated emission • ومن الجدير بالذكر أنها بعد ثلاثة عقود وجدت تطبيقا عمليا غاية فى الأهمية ، فهى المبدأ الأساسى لأشعة الليزر ذات الاستخدامات الجليلة فى وقتنا الحاضر • ومن المفارقات أن هذه الأشعة التى قد تكون السلاح الرئيسى للحرب العالمية الثالثة اذا قدر لها أن تقوم ، مبنية أساسا على الأبحاث الكمية التى قام بها آينشتين فى برلين ، مؤسسا اياها على أسباب جمالية •

هناك المزيد من الجوانب عن هذه القصة بالذات ، نذكر احداها بايجاز • فخلال عمله فى الورقة الثانية وجد آينشتين أسبابا قوية تدفعه لاعتبار كميات الضوء كجسيمات ذات كمية حركة مثل طلقات الرصاص مثلا • وكانت هذه الأسباب من الوجاهة بحيث كتب فى مقالته : « ان الاشعاع على صورة موجات شىء لا وجود له » • وقد تأكد سلوك الضوء كجسيمات فى تجارب عام ١٩٢٣ • ولكن الأدلة على موجات الضوء كانت قوية ، وفى عام ١٩٢٢ ، حينما فاز بوهر بجائزة نوبل ، كان مع آخرين مترددا فى قبول فكرة آينشتين عن جسيمات الضوء ، بل انه بشكل من الأشكال لم يقتنع بها أبدا •

تقابل الرجلان للمرة الأولى فى عام ١٩٢٠ ، عندما دعى بوهر لالقاء محاضرة فى برلين عن نظريته • وبمجرد وصوله بدأت مناقشة مبهجة وحيوية بين الرجلين ، بحيث احتلت كل أوقات الفراغ خلال أيام الزيارة • وكان ذلك متوقعا مع مثل هذين الرجلين ، لأن كلا منهما كان يكن للآخر عظيم

الاحترام • وكلاهما أيضا كان مفتونا بالمعضلات الضخمة التى أنعشت الفيزياء النظرية • وبعد أن غادر بوهر برلين كتب اليه آينشتين فى ٢ مايو : « نادرا ما تمتعت لمجرد تواجد شخص معى بمثل ما شعرت به معك • لقد أدركت الآن لماذا يحبك ايرنفست بهذه الدرجة» • وقد رد عليه بوهر : «كانت بالنسبة لى أعظم تجارب حياتى أن التقيت بك وتحادثت معك، ولا يمكنك أن تعلم مقدار النشوة التى أحسست بها عندما استمعت لآرائك ، لن أنسى أبدا مناقشاتنا فى الطريق من « دالم » الى « منزلك » •

وبحلول عام ١٩٢٢ كان بوهر مفخرة الدانيمارك ، ومديرا لمعهد الفيزياء النظرية الذى أنشىء خصيصا من أجله فى كوبنهاجن • وأصبح المعهد فيما بعد المركز العالمى للنظرية الذرية • وتقاطر عليه المنظرون الجدد من كل الأقطار ، ولم تكن مزحتهم أن اللغة الرسمية للمعهد هى الانجليزية الركيكة تخلو من حقيقة •

أما فيما يتعلق برذرفورد ، فقد أصبح مديرا لمعمل كافنديش الشهير فى جامعة كامبردج ، وهو المنصب الذى شغله ماكسويل من قبل • وظل بوهر المنظر ورذرفورد رجل التجارب على اتصال وثيق ، وفى ظل ريادتهم الملهمة حققت الطبيعة الذرية قفزات هائلة •

لكن نظرية بوهر كانت تواجه مصاعب خطيرة خلال عام ١٩٢٢ ، وكان الكل على علم ، خاصة بوهر نفسه ، أنها مرحلة انتقالية • وقد تمكن بوهر من توسيع مداها بادخال « مبدأ التوافق Correspondence principle — تذكر هذا الاسم — طعم فيه نظريته بدماء من الفيزياء الكلاسيكية ،

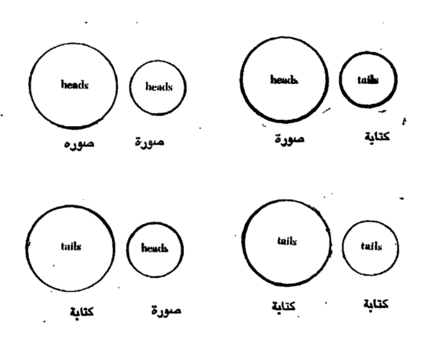
ولكن هذا المبدأ كانت له كل مقومات الحل المؤقت ، وبدا بوضوح أن النظرية قد استهلكت أغلب مواردها ، وبات المنظرون فى حالة من الارتباك البالغ ·

وفجأة ، وبلا مقدمات ، انهارت كل العقبات التى تحول دون التقدم ، فقد وجد المخرج أخيرا ، وبعد عدة سنوات من البلبلة تبدلت الصورة · لا تتعب نفسك فى محاولة الفهم ، فما يلى يحكى خطوطا عامة لحوادث متزاحمة وتفاسير مفتعلة استنزفت الطاقة الذهنية لأكبر علماء العصر · ولو سببت لك الحيرة فهى على الأقل قد نقلت لك الحالة العامة التى كانت سائدة آنذاك ·

عندما عاد الفيزيائى الفرنسى « موريس دى بروليى Mourice de Broglie » (يكتب عادة « دى بروجلى ») من مؤتمر سولفاى الشهير عام ١٩١١ ، أثار تقريره أخاه لويس بدرجة فاقت ما أثاره تقرير رذرفورد فى بوهر الشاب · وبالحاح من لغز الكم ، والدلائل المتضاربة حول طبيعة الضوء كجسيمات وكموجات على ذهنه ، خرج هو الآخر فيما بين ١٩٢٢ و ١٩٢٤ بفكرة لا تقل غرابة · فقد اعتبر الضوء جسيمات تقودها الموجات ، والأكثر من ذلك اعتبر الالكترون بدوره جسيما مصحوبا بالموجات ، وكذا بقية الجسيمات ، وأن هذه الموجات تسير بأسرع من الضوء · وقد يبدو ذلك غير مقبول ، وهو بالفعل كذلك ، وكان لابد من تعديل تفسير حسابات دى بروليى الرياضية ، ومع ذلك فقد استطاع بموجاته تلك أن يعطى تصور بوهر للمدارات المحددة التى اقترحها بوهر معنى حيا ·

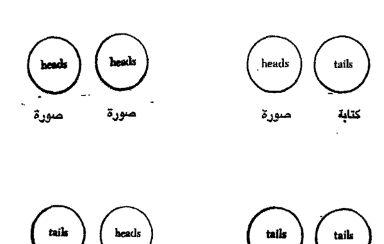
وبتبصر غير عادى اهتم أحد الرجال ، « بول لانجفين Paul Langvine » ، بأفكار دى بروليى ، وأخبر آينشتين بذلك ٠

والذى حدث أنه قبل ذلك بفترة قصيرة كان آينشتين يشحذ طاقته الذهنية ٠ كان قد تسلم مخطوطا من فيزيائى هندى غير معروف ، « س ٠ ن ٠ بوز S. N. Bose » ٠ وقبل أن نعرض لمخطوطة بوز نتساءل سؤالا بسيطا : اذا رمينا قطعتين من عملتى نقد مختلفتى القيمة ، ما هى احتمالات أن تستقر العملتان على وجهى الصورة ؟ هذه مسألة بدائية من مسائل الاحتمالات سهلة الحل ٠ لدينا هنا أربعة احتمالات ، كلها متساوية الفرصة : الوجهان صورة ، الوجهان كتابة ، كتابة وصورة ، صورة وكتابة ، كما هو مبين فى الشكل التالى :



ومن ذلك يمكن القول بأن الاحتمال هو واحد من أربعة ، أى ١/٤ ٠

لنفرض أننا سوف نلقى بقطعتين من العملة بنفس القيمة ، ما هى الاحتمالات فى هذه الحالة ؟ الآن ستكون لدينا ثلاث حالات فقط ، كما هو مبين فى الشكل التالى :



وذلك لأن حالتين قد اتحدتا ، صورة ــ كتابة وكتابة ــ صورة ٠٠ ومن هنا فقد نصل للنتيجة الخاطئة بأن نسبة الاحتمالات هى الثلث ، بينما هى فى الواقع لا تزال الربع ، حيث ان احتمال الحالتين المتحدتين هى النصف ٠ فاذا وقعنا فى خطأ كهذا فليس لنا أن نخجل ، اللهم الا اذا كنا متخصصين فى نظرية الاحتمالات ٠ ففى بداية العهد بها وقع فى هذا الخطأ كبار الرياضيين ٠ ولتفادى الوقوع فى مثل هذا

الخطأ علينا أن نميز بين العملتين المتشابهتين بأية علامة مميزة ، توضح الحالتين المتشابهتين فلا تؤخذان على أنهما حالة واحدة .

لنعد الآن الى مخطوطة بوز ، لقد تعامل مع الضوء كجسيمات مطبقا عليها القواعد الاحصائية التى طبقت فيما سبق على جزيئات الغازات ، آخذا فى الاعتبار آن كميات الضوء متصاوية الطاقة ستكون أشبه بالعملات المتشابهة . وبين أنه لو تعمدنا الوقوع فى ذلك الخطأ ، فانه يكون بامكاننا استخلاص معادلة بلانك لاشعاع الجسم الأسود ، بينما لو تجنبنا الوقوع فى الخطأ المشار اليه ، لا يمكن التوصل لتلك المعادلة .

واستشعارا منه بأهمية رأى بوز ، قام آينشتين بترجمة المخطوطة الى الألمانية وعمل على نشرها فى مجلة علمية ، ولم ينته الأمر عند ذلك الحد ، فبحدس منه قارب النبوءة أصبح هذا المفهوم معروفا ب « احصائيات بوز ــ آينشتين » . وقد وسع آينشتين من فكرة بوز بتطبيق طريقته فى حساب الاحتمالات على حالة الغازات من مادة ذات جزيئات متشابهة، وعليه فعندما وجد أن دى بروليى أيضا يتعامل مع الضوء والمادة بطريقة موحدة ، تنبه على الفور . وعلى الرغم من أن آفكار دى بروليى كانت « مجنونة » ، كما أسر آينشتين لبورن فيما بعد ، الا آنه استشعر آهميتها . لذلك ، وفى عام ١٩٢٥ وفى ورقته الثانية عند تقديمه لأفكار بوز لم يكتف بغرض

فكــرة بروليي ، ولكنــه أيضــا أثنى عــــلى أعمـــاله لدى الفيزيقيين (١٥) ٠

كان آينشتين يدرك تماما الوزن الفعلى لكلماته ، ولكنه لم يكن يتــوقع ذلك التــأثير لهــا عن أفكار دى بروليي ٠ وبالتالى ، وفى عام ١٩٢٦ فى جامعة زيورخ بدأ النمساوى « ايروين شرودنجر Erwin Schrodinger » فى نشر نظرية ذرية حققت نجاحا كبيرا ٠ وبرغم ارتباطها الوثيق بمعادلات نيوتن، الا أنها لم تعتبر المادة مكونة من جسيمات ولا جسيمات مصحوبة بموجات ، وانما مجرد موجات ، موجات ســلسة خالصة ليست فى الفراغ المعتاد ، بل فى فراغ رياضى مجرد يمكن أن تكون له العديد من الأبعاد ٠

وفى تلك الأثنــاء ، وفى يونيــو عام ١٩٢٥ تمــكن الفيزيائى الألمانى « فيرنر هايزنبرج Werner Heisenberg » وهو فى الثالثة والعشرين من وضــع نظرية ذرية لا تقــل نجاحا عن السابقة ، ولكنها مختــلفة تمــاما ٠ فقد استبعد مدارات الالكترونات باعتبارها غير مرئية ، ورفض ســرين ما هو متعلق بالذرة على أسس كهذه ٠ وبتطبيقــه أســلوبا

---

(١٥) هناك شىء غريب فى هذا التسلسل للحوادث يتجاوز غرابة المفاهيم ، فطريقة بوز الاحصائية لم تكن جديدة تماما ، فهى قد ادخلت منذ ١٩١١ بطريقة ضمنية فى أعمال ايرنفست وآخرين فى التعامل مع معادلة بلانك ٠ وكان من المتوقع أن ينتبه لها آينشتين بما له من اهتمام بالغ بمعادلة بلانك ولا ينتظر تحفيزا لذلك من بوز ٠ ولكن من الممكن تصور أنه لم يكن قادرا على الانتباه لما تضمنته أفكار ١٩١١ من ايعازات بسبب نفسى هو احتياجه للتركيز على نظريته الثورية الخاصة بجسيمات الكوانتا الضوئية ٠ وحتى فى ١٩٢٤ لم يكن قبوله لطريقته الاحصائية مع بوز الا على مضض ، لكونهـا تنزع عن الجسيمات استقلاليتها ، بما يلقى غموضا على مفهوم الجسيمات ٠ هذا الأثر النفسى ، بفرض وجوده ، يجب أخذه فى الاعتبار حين نتعـرض للتطورات التاليـة فى هذا الفصل ٠

مجردا صارما ، وجد من خلال حقائق معروفة ومستقرة عن الطيف الذرى أسبابا للاستنتاج الغريب التالى : أنه على المنظرين ، ومع التزامهم بالمعادلات النيوتونية أن يستخدموا العناصر الرياضية بما يجعل س×ص لا تساوى ص×س !

وكان هايزنبرج لحسن الحظ مساعدا لبورن فى جامعة جوتنجن ، وكان الأخير على بصيرة بفكرة هايزنبرج فحملها محمل الجد ، وعمل مع مساعده « باسكال جوردان Pascal Jordan » بهمة ونشاط على تطوير تلك المفاهيم ، وفى سبتمبر كان ثلاثتهم قد توصلوا الى وضع النظرية فى صورتها المحددة • كذلك وبشكل مستقل وأكثر وضوحا فعل باحث انجليزى شاب « بول ديراك Paul Dirac » ، من جامعة كامبردج • وكان هو الآخر فى الثالثة والعشرين •

وفى ١٩٢٦ حقق بورن تقدما ملحوظا فى هذا المجال ، وحصل على جائزة نوبل فيما بعد تقديرا لهذا الانجاز • فقد أعاد تفسير نظرية شرودنجر ، على مضض من الأخير • واعتمادا على تلميح من احدى محاولات آينشتين المبكرة للتوفيق بين الموجات وجسيمات الضوء ، اعتبر بورن موجات شرودنجر ليس كما تصورها الأخير كموجات للمادة ، بل موجات احتمال (١٦) مصاحبة لجسيمات المادة •

فى خضم كل هذه المرحلة المحيرة دعنا نتوقف لنتساءل : من أين وجد كل من دى برويلى وهايزنبرج الالهام لتصوير أفكارهما غير العادية • وكذا الشجاعة لصياغتها رياضيا •

---

(١٦) بعبارة أدق ، موجات لما يسمى « الاحتمالات السعوية Probability amplitudes » ، ولكننا لسنا محتاجين لمثل هذه الدقة •

ليس من السهل أن تكون رائدا ، من النـاحية المعنوية آنت محتاج لقدر عظيم من العزم والاقناع • على سبيل المثـال عندما قارب هايزنبرج من الانتهاء من حساباته الأسـاسية فكر جديا فى احراق أوراقه • صحيح أن النظرية الذرية كانت ناضجة للأعمال البطولية ، ولـكن اليـأس كان هـو الدافع الوحيد ، بينما لم تقدم هى سوى النزر اليسـير من التوجيه •

لقد تنامت أفكار دى بروليى بشـكل مبـاشر من فكرة آينشتين عن كوانتا الضوء ، وبشـكل أخص من النظـرية النسبية الخاصة • وكانت تلك النظرية هامة أيضا بالنسـبة لهـايزنبرج ، فانكارها الصريح للتزامن المطلق أعطـاه الشجاعة لانكار مدارات الالكترون غـير المرئيـة ، كذلك تطورت احدى أفكار آينشتين من أعماله عام ١٩١٦ لتـكون أساسا لاكتشاف الليزر • لكن تأثير بوهر كان هائلا ، كان هايزنبرج قد أمضى لتوه عاما مثمرا فى معهد كوبنهاجن ، وكانت فكرته امتدادا طبيعيا لمبدأ التوافق السابق ذكره ، والذى به مد بـوهر من نطاق نظـريته فى محـاولة لرأب صدعها • ففى سـكرات موتهـا ولدت نظرية هايزنبرج ، ويعتبر ذلك آعظم انجازاتها •

وكانت آفكار دى بروليى وهايزنبرج تجـديدا غـير عادى • ولقـد تنامت أفكار دى بروليى من النسبية ومفاهيم الكوانتا الضوئية بشكل رائع يدفع المرء للتعجب لماذا فات على آينشتين أن يتخذ هذه الخطوة الحاسمة • وبنفس المنطق كانت أعمال هايزنبرج متولدة من مبدأ التوافق الذى وضعه بوهر، بحيث يتعجب المرء لماذا لم يتخذ الأخير هذه الخطوة • ولـكن

كل ذلك لا يقلل مما حدث من انجازات • وقد حصل كل من هايزنبرج ودى بروليى وشرودنجر على جائزة نوبل •

رغم ذلك يمكننا النظر للأمر بشكل مختلف • فان مفاهيم دى بروليى وشرودنجر هى شهادة بحق على قوة حدس آينشتين ، وكذلك الأمر بالنسبة لكون أعمال هايزنبرج شهادة على قوة حدس بوهر • ولذلك فان الاثنين ، آينشتين وبوهر ، قدر لهما أن يتواجها فى معركة طويلة حول تفسير النظرية الجديدة •

نقول نظرية ، وليس نظريات ، لأن شرودنجر قد اكتشف ــ ولم يكن الوحيد ــ رابطة رياضية تبين أنهما متماثلتان فى الأساس • ومن خلال التفسير الاحتمالى أمكن لدَيرك ، وبشكل مستقل جوردان ، أن يكتشفا سريعا أنهما وجهان لنظرية واحدة أعم ، هى ما أطلق عليها « ميكانيكا الكم quantum mechanics » ، وهى المستخدمة بصورة أساسية حاليا •

موجات الاحتمالات فى الفراغ متعدد الأبعاد ، س×ص لا تساوى ص × س • ولأن الفكرتين تترابطان ، ما الذى سصير اليه هذا العالم ، عالم الكم ؟ بالكاد كان فيزيائيو تلك الحقبة يتمكنون من التقاط أنفاسهم • كانوا يعيشون فى آوج ثورة علمية تجمعت نذرها منذ بداية القرن • ولو كان لنا أن نشاركهم شيئا من أحساسيسهم ومشاعرهم خلالها، وهم يتخمون بالأحداث المتلاحقة ، فعلينا ألا نتباطأ، بل نسارع الخطو لاهثين ، فأمامنا ، مثلهم ، المزيد من المفاجآت • ففى عام ١٩٢٧ ، وبالهام مرة أخرى من أعمال آينشتين فى

استنباطه للنظرية النسبية ، أعلن هايزنبرج عن مبدأ عام شامل ، يعطى صــورة حيــة لمــدى غرابة ما كان يطرح من مبادىء ٠

لكى نرى قطة ، علينا أن نسقط عليها الضوء ٠ وحــين نفعل ذلك ، فان فوتونات الضوء سوف تصطدم بها ، ولكن القطة لن تشعر بهذا الأثر لضآلته بالنسبة لكتلتها ٠ وينطبق ذلك على كل ما نراه فى حياتنا اليومية ٠ لكن الأمر يختلف فى العالم دون الميكروسكوبى للجسيمات الذرية ٠ فالالكترون مثلا أصغر من أن يرى بالعين المجردة ، فلو حاولنا أن نراه ، علينا آن نسقط عليه الضوء ، وعندئذ تنهال عليه الفوتونات كطلقات الرصاص لتدفع به بعيدا عن الموقع الذى أردنا أن نشاهده فيه ، مؤثرا كذلك فى سرعته الأصلية ٠ وقد استخلص هايزنبرج من ذلك أنه يستحيل أن نحدد بدقة موقع جسيم ، وأن نرسم مساره كما تفعل الأجسام المألوفة لدينـــا ، فحين نريد تحديد الموقع بدقة ، لابد لنا أن نضحى بدقة تحــديد السرعة ، والعكس بالعكس ٠ وهذا بوجه عام هــو مبــدأ « عدم اليقين uncertainty » ، وقد لا يبدو ذلك انجازا هاما ، ولكن لنر ما يمكن أن يتمخض عنه ٠

طالما آننا ليس بامكاننا أن نحدد بدقة موضــع وسرعة الجسيمات فى لحظة معينــة ، فلن نكون قادرين على توقع مكانها فى لحظة تالية ، ويكون التنبؤ العلمى أمرا مشوشا ٠ لقد أصبح مبدأ السببية مبدأ كميا ٠

هذا بالقطع آكثر تشــتيتا للذهن من انكار آينشــتين للتزامن المطلق ٠ فهو اغراق فى تدمير أسس العلم التقليدى٠ ولكن ذلك لن يؤدى لفوضى ضاربة بالضرورة ، اذ يظل هناك بصيص من التحديد ، ولكنه ليس من النــوع الذى يعطينـــا

دفء اليقين • واليك احدى الطرائق فى وصف ذلك الملمح : بين الملاحظات تطرد الموجات الاحتمالية فى نظام محـدد • ويمكننا ذلك أن نتنبأ بالاحتمالات • وبالنسبة لمسائل الحياة اليومية تقترب هذه الاحتمالات الى ما يشبه اليقين ، بحيث يكون عدم اليقين بالنسـبة للأجسـام المرئية قدرا ضـئيلا لا يلتفت له •

آخذ العلماء فى تمثل هذه الأفكار المختلفة فى قنوط ، وقد هالهم نجاح ميكانيكا الكم ذات الجمال الرياضى والمفعمة بالمتناقضات الفيزيقية • والآن، ما معنى ذلك كله ؟ أى منطق يمكننـا استخلاصـه من ذلك ، ان صـح أن به شيئا من منطق ؟ لقد أعطى بوهر الاجابة عام ١٩٢٧ ، وأصـبحت فيما بعد ، مع أفكار بورن وهايزنبرج ، أسـاسا لما يعـرف الآن ب « تفسير كوبنهاجن » • وقد أدخل بوهر مفهوما أسماه « مبدأ التكاملية compelementarity » • وما يلى هو خطوط عريضة لهذا المفهوم الدقيق ، الذى لا يبدو أنه قد اتفق على التفاصيل فيه : نلاحظ أولا ، وهو مالا يحتاج لتوضيح ، أن عالم الكم الذرى ليس مما يمكن أن نتصوره على الأسس التى ألفناها فى حياتنا اليومية • ويذهب بور الى أنه لا توجد قط وسيلة تعتمد على النظم المألوفة فى حياتنا اليومية تمكننـا من ذلك • فنحن حينما ننهض لاجراء تجـربة ما ، نقـوم بعمليات لضبط أجهزتنا التى صـممت لتـوائم حـواسنا البشرية ، ثم ننتهى بقراءات نأخـذها أيضـا بأحاسيسـنا البشرية ، بمعنى أننا نبدأ وننتهى بعمليات لا علاقة لهـا بعالم الكم ، وليس من سبيل لتفادى ذلك • بينما ونحن نقوم بهذه الاجراءات المرتبطة بداية ونهاية بعالمنا المألوف ، نحاول التعرف على عالم الكم الغريب تماما عن عالمنا، والذى يتطلب

للتعرف عليه ما هو أكثر مما ألفناه فى حياتنا اليومية ٠ لقد انتهى بنا الوضع الى أن نضطر للتعامل مع نوعين من الصور المتعارضة ، والتى تكمل بعضها البعض ٠ فبصرف النظر عن كون الصـورتين المادية والموجيـة متعارضـتين ، فنحن فى احتيـاج لهما معا ٠ فهما ببسـاطة صورتان متـكاملتان ، لا يحملان تناقضا فيزيقيا ٠ بالضبط كما لا يوجد تناقض بين مظهر السماء فى الليل البهيم وفى منتصـف النهـار ، لا يوجد أى تناقض بين تجارب تظهر خواص موجية للالكترون وأخرى تظهر خواص مادية له ٠ هذا التناقض ليس الا فى أذهاننا نحن لكوننا نبحث عن صورة بسيطة موحدة ، كالصور المألوفة لأذهاننا ، ولكن ليس لها وجود فى الطبيعة ٠ ففى الصور التى نتحصل عليها ، ليس فقط الخـواص المـادية والموجبة مطلوبة لها ، بل أيضا التعايش مع التناقض الذى أظهره هايزنبرج بين تحديد قيم مثل الموضـع والسرعة ٠ أيضا عندما نبحث عن صورة دقيقة بمفردات الفراغ والزمن، ليس أمامنا الا التخلى عن التحديد المطلق ، والعكس بالعكس٠ علينا أن نوطن أنفسنا ، كما بين بوهر ، على التعايش مـع هذا التكامل الشامل النطاق ، فليس من سبيل للهروب منـه الا بالتعايش معه ٠

فماذا كانت علاقة آينشتين بكل ذلك ؟ لقد رفضه شـكلا وموضوعا ٠ فقد كان متناقضا مع كل ما لديه من حـدس علمى ٠ فهو منذ أن قام وهو فى سن الشباب بتوسيع أعمال بلانك الرائدة عام ١٩٠٠ ، قد حاول بكل ما يملك من جهد أن يضع مفهوما فيزيقيا لكوانتا الضوء التى أوجدها هـو بنفسه ٠ ويمكننا أن نتصور عـدد المرات التى قضـاها بين قبول ورفض طيلة حياته ٠ لقد شغلته وأرقته هذه المشـكلة

بشـكل دائم • كيف يمـكن للفـوتونات أن تتصرف مرة كالجسيمات عنـد ارتطامهـا بالذرات ، ومـع ذلك تنتقل كالموجات ، كما لو كان بامكانها أن تكون فى عدة مواضع فى نفس الوقت ؟ وقد زاد دى بروليى الموقف سوءا بمد هـذا التناقض الى المادة معطيا اياها خواص موجية ، ليسرى ذلك الوضع الغريب على كل الفيزياء • وقد تقبل آينشتين ذلك ، فهذا التوسع نوع من التوحد الذى ينشده • وها هو بوهر ينادى بالتعايش مع الصورتين الموجية والمادية كصـورتين متكاملتين ، وهنا هبت غرائز آينشتين العلمية رافضة • وفى أواخر أيامه ، فى ١٢ ديسمبر عام ١٩٥٢ كتب لصـديقه القديم ميشيل بيسو الذى طالما تناقش معه فيما كان يجول فى ذهنه من آفكار أيام مكتب البراءات قائلا : « كل هـذه السنوات الخمسين من التفكير العميق ، لم تقربنى من الاجابة عـلى التسـاؤل عن ماهية كوانتا الضـوء • الآن ، كل من (هب ودب) يعتقد أنه يعلم الاجابة ، ولكن الكل واهم » •

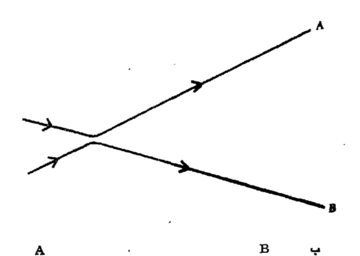
وكان آينشتين فى خضم معركة تفسير ميكانيكا الكم • لقد عارض على الفور التفسير الاحتمالى لنظرية شرودنجر ، ولكن خصمه الرئيسى كان صديقه الحميم بوهر •

وقد ظهر هذا الصراع بشكل علنى فى مؤتمر سـولفاى عام ١٩٢٧ • وقد جادل كل من بورن وهايزنبرج بأن عدم اليقين أمر لا يمكن تفـاديه : ففى غيـاب نظام قاطـع من السببية ليس أمامنا من سبيل سوى الاحتمالات • وقد وافقهم بوهر على ذلك ، أما آينشتين فلا • لم يكن مستعدا لقبـول ما يرفضه حسه الغريزى • لقـد أحس أن النظـرية غـير مكتملة ، وطرح مجموعة من الفروض الجدلية البارعة لتدعيم

آفكاره • ولم يحدث من قبل أن تعرضت ميكانيكا الكم لمثل هذا الهجوم الصارخ ، والذى ثبت له بوهر وحلفاؤه بكل ما يملكون من عزم • وفندوا اعتراضات آينشتين الواحدة تلو الأخرى الى أن اضطروه ، على ما هو عليه من علم ، للتراجع • فكلما سد آينشتين رأيا فى طريقة القياس ليتفادى بها عدم اليقين ، يتضح أن ذلك يستتبع رأيا آخر، وهلم جرا• لقد بدا عالم اللاتحديد أمرا لا مفر منه ، وقد وقف صامدا لكل هجمات آينشتين • وبعد المؤتمر مباشرة انتقلت حلبة الصراع بين الطرفين ، آينشتين وبوهر الى منزل ايرنفست Ehernfest ، الذى هاله أن يجد واحدا من هذين المعبودين له رافضا تفسير كوبنهاجن • وبعد عدة أشهر ، فى مايو ١٩٢٨ ، كتب آينشتين لشرودنجر : « ان فلسفة بوهر وهايزنبرج المهدئة ، أو عساى أن أقول ديانة ؟ قد تم احكامها بدقة تجعل المؤمنين بها فى حالة استرخاء يصعب أن يفيقوا منه بسهولة» •

وشهد مؤتمر سولفاى السادس عام ١٩٣٠ ، والذى يعتبر آخر مؤتمر يسنح لآينشتين حضوره ، جولة أخرى من الصراع ، حين قدم آينشتين مقترحا جديدا لتفادى عدم اليقين لهايزنبرج ، اهتز له بوهر هذه المرة ، وقد بدا صعب المراس ، اذ لم تلح له فيه ثغرة • ولو كان ذلك صحيحا فان ميكانيكا الكم ، التى كانت قد وصلت آنذاك الى ما لم تصله من قبل من نجاح ، تنهار من آساسها ، وهو ما لم يكن مستعدا لتقبله ، ولم يذق طعم النوم ليلتها الى أن وجد المطعن فى جدل آينشتين ، وكان نابعا من مبدأ التعادلية ، أو بالأحرى النظرية النسبية العامة • واضطر آينشتين للتراجع ، والاعتراف بصحة مبدأ عدم اليقين •

ولكنــه لم يستسلم نهائيا ، ففى عام ١٩٣٣ ، قبيــل مغادرته أوربا نهائيا ، أورد فكرة جديدة ، ثم نشرها بعــد ذلك بعامين ، تتلخص فيما يلى : لنتصور الكترونين أ و ب ، يتقاربان ، وننتظر حتى يتبــاعدا متنافرين حتى لا يكــون لأحدهما تأثير على الآخر • فحينما نجرى قياسا على أ مثلا ، يعطينا ذلك فكرة عن ب ، دون أن يدعى أحد أن هذا القياس، والذى أجريناه على أ ، قد أثر على النتائج الخاصة بـ(ب) بأية حال ، فيكون بامكاننا أن نعرف ، ومن النظرية الكمية ، من قياس موضع أ بدقة سرعة ب بدقة • هل وضحتالاستراتيجية؟ نجرى قياسات على التعيين قيم خاصة بـ(ب) غير المتأثر بتلك القياسات •



ولنتصور لاعطاء صورة خيالية جية للفكرة أن التنــافر حدث يوم الاثنين ، وأننا سوف ننتظر أسبوعا حتى يزول التأثير المتبادل بينهما • طبقا لمبدأ هايزنبرج لا يمكننا أن نحــدد بدقة موضع وسرعة الالكترون فى نفس الــوقت ، ولكن بامكاننــا الخيــار بينهما • لنفرض أننا يوم الاثنين قررنا قياس الالــكترون أ ، ثم غيرنا رأينــا فقررنا قياس سرعته يوم الثلاثاء ، ثم نعود يوم الأربعاء لقياس الوضــع

ثم يوم الخميس لقياس السرعة ، ثم يوم الجمعة نعود ونقرر قياس الموضع ، ونرجع يوم السبت لقياس السرعة ، وأخيرا، وأمام هذا التردد ، نحتكم يوم الأحد لقطعة من النقود نلقيها لنحدد آية قيمة نختار ٠

لنفرض أن العملة اختارت لنا أن نقيس الموضع ، وتمكننا النظرية الكمية من تحديد موضع أحد الالكترونين من مراقبة الآخر ، أما اذا كانت نتيجة رمى العملة هو قياس السرعة ، فانه أيضا يمكننا أن نفعل ذلك بقياسها لأحد الالكترونين ومعرفة قيمتها بالنسبة للآخر ٠

من الطبيعى ألا نتصور أن قيم أى من الالكترونين سوف تتأرجح مع هذا التردد منا ، بحيث حين تقرر قياس السرعة مثلا يقرر الالكترون أن يخفى دقة موضعه أو العكس ، وبحيث انه حين تقرر أن نجعل الخيار عشوائيا سيتوافق عدم اليقين مع نتيجة رمى العملة ٠ ان الالكترون فى أية مرة يكون له بالفعل موضع وسرعة دقيقان ، واذا كانت النظرية الكمية ترفض الاعتراف بذلك ، فهذا يعنى أنها نظرية ناقصة ، لا تعبر تماما عن واقع الطبيعة ٠

كيف تواجه مثل هذا الجدل ؟ هل يدفعك ذلك للتسليم؟ بالنسبة لبوهر ، كلا ٠ وسنرى حالا كيف تصرف حيال ذلك ، ولكن لا بأس من لحظات لالتقاط الأنفاس ، نغتنمها لذكر مواضيع أخرى ٠

لعل عودتنا لنظرية ماكسويل تكون ترديدا لألحان من أيام ولت ، ولكن ديراك استطاع فى ١٩٢٧ تجديدها بأن طعمها بدم من النظرية الكمية ٠ ثم باستخدام طريقة

« آينشتين ــ بوز » الاحصائية استخلص من نظرية ماكسويل المجددة ليس فقط معادلة بلانك للجسم الأسود ، بل أيضا كل النتائج التى توصل اليها آينشتين بطريق آخر عام ١٩١٦ عن الليزر · وبرغم المشاكل المتضمنة استمرت نظرية ماكسويل المجددة لتصبح أدق نظرية للفيزياء تحت أيدينا حاليا ·

بعد ادخال تلك التعديلات على نظرية ماكسويل ، دعنا لا ننسى نيوتن · فكل من بوهر وهايزنبرج وشرودنجر قد بنوا أعمالهم على أسس من أعماله · وقد بين ديراك بكل لباقة آن ميكانيكا الكم الحديثة هى فى الأساس ميكانيكا نيوتن مطعمة بالأفكار الكمية · ومع ذلك ، ليس لنا أن ننسى آينشتين · ففى ١٩٢٨ استطاع ديراك ببراعة أن يطبق النظرية النسبية الخاصة على نظرية الكم للالكترون ، وهو انجاز لا يضاهى جماله الا ما حققه من نجاح ، وعلى ضوء ذلك لم يكن مستغربا أن يمنح جائزة نوبل ·

وفى محاولة آينشتين المستميتة حول تفسير نظرية الكم ترددت نغمة معينة كثيرا ، وهى رفضه الغريزى لفكرة عالم مؤسس على الاحتمالات ، تكون تصرفات الذرات فيه معتمدة على الصدفة · وكعادته حيال المشاكل العلمية العويصة ، كان يحول النظر للأمور من وجهة نظر الله · هل يحتمل أن يخلق الله عالما خاضعا للاحتمالات الصرفة ؟ أحس الرجل أن الاجابة يجب أن تكون بالنفى · فاذا كان الله قادرا على صنع عالم يمكن للعلماء فيه أن يتوصلوا لقوانين علمية ، عليه أن يخضع العالم لتلك القوانين ، لا أن يسمح للصدفة فى كل حركة لجسيم فيه · ولكنه كان عاجزا عن اثبات ذلك ، فقد كانت المسألة احساسا وحدسا ، قد يحمل شيئا من

السذاجة • ولكنها كانت عميقة الجذور • وكم كان حدسه الفيزيقى ، وان لم يكن معصوما ، نصيره فى مواقف عديدة • والعلم كله مبنى على الاقناع ، وكل التطورات الغريبة التى تعرضنا لها ، ومن بينها نظرية بوهر الأولى ، تؤكد لنا أن الانجازات العلمية الباهرة لا تبنى فقط على المنطق الجاف •

وقد أوجز آينشتين شعوره الحدسى حول نظرية الكم فى كلمته المعبرة التى أخذت أشكالا عديدة فى مناسبات عدة ، وهى « Gott wirfelt nicht » وترجمتها « ان الله لا يرمى بالنرد (١٧) • ومع ذلك فقد رد آينشتين على خطاب بشأن معتقداته الدينية عام ١٩٤٥ قائلا : « من الخطأ دائما أن تستخدم مفاهيم مجازية من وضع الانسان فى التعامل مع الأشياء خارج نطاق الفهم الانسانى ، ان ذلك تصرف صبيانى » • كما فسر فى خطاب آخر لأحد المتحررين فكريا عام ١٩٥٣ ما كان يقصد بالله فى تلك العبارة بقوله : « انه ليس يهوه أو جوبتر أو اله سبينوزا العظيم» • وفى خطاب ١٩٤٥ سالف الذكر قال ما كان يردده غالبا : « لا نملك الا أن نعجب بجمال وتناسق بناء هذا العالم فى حدود قدرتنا على فهمه واستيعابه ، هذا كل ما فى الأمر » • وعلى ذلك فان هذا التناسق سوف يتشوه اذا ما حدث أن ـ وحسب ما عبر به مجازيا ـ لعب الله النرد • وحينما يستخدم آينشتين مقولة متعلقة بالفيزياء فانها يكون لها ثقل هائل ، حتى ولو كانت مجازية • ورغم تصريحاته الكثيرة الا أننا لا نعلم على وجه اليقين ما كان يقصده بلفظ « الله » • ففى أعماله العلمية كان الله هو الفكرة أو المفهوم

(١٧) من الطريف ان نذكر رد بوهر على هذه المقولة : « ليس من واجبنا ان نخبر الله كيف يدير العالم » ـ (المراجع) •

الحاكم ، وهـو مفهوم غير واضـح أو محدد ، فمنذا الذى يمكنه أن يضع تعريفا له سبحانه وتعالى ؟ • فهو رمز ليس فقط عن توق آينشتين وعشقه واعجابه ، وانما أيضـا عن احساسه بالتواضع مع الـكون ، وهـو ما كان علامة مميزة لعبقريته ، وهى كلمة أخرى تستعصى على محاولات التعريف •

ولننظر الآن الى رد بوهر عـلى جـدل آينشتين سـابق الذكر • وهو جدل سبب له قلقا عميقا ، فقد رأى أنه أدق مما كان يتصور ، ولم يستطع الرد عليه الا بعد جهد جهيـد من التحليلات • كان عليه أن يتراجع شيئا ما ، بعـدم اثارة نقد لعملية القياس • وكما سنذكر بتفاصيل أكثر لاحقا ، كان عليه أن ينظر للتجربة فى الحياة اليومية • وكانت وجهة نظره تقول : نفترض آننا آلزمنا أنفسـنا منـذ البـداية بقياس ، ولنقل ، الموضع ، عندها لا ندخل فى متاهة تغيير الرأى ، وعليه توضع التجربة بهـدف قياس الوضـع منـذ البداية ، وليس السرعة • أما لو ألزمنا أنفسنا بأن نقيس السرعة ، فاننا بذلك نكون بصدد تجربة مختلفة كلية ليس للموضع فيها أى اعتبـار • عـلى ذلك ، فان « ظاهـرتين فيزيقيتين » مختلفتين بحسب منطق بـوهر قد دخلتـا فى المناقشة • والآن ، يقـول بـوهر ، فيما يتعلق بالظاهـرة الفيزيقية ــ أو التجربة الكاملة ــ الفعلية ، لا يهم ما اذا كنا قد ألزمنا أنفسنا منذ البداية باجرائها أو غيرنا رأينا حتى قررناها أو قررنا ذلك برمى قطعة النرد ، فالأمر المهم هـو التجربة التى أجـريت بالفعـل وليس متى ولا كيف قررنا اجراءها • فالتجربتان متعلقتان بظاهرتين تستبعد كل منهما الأخرى ، وليس من سبيل لاجرائهما معا فى نفس الوقت • فليس من معنى فى مواجهة تجربة أجريناها بأخرى لم نقم

باجرائها • وليس فى ذلك أى شاهد على نقص فى ميكانيكا الكم •

وكان على آينشتين أن يقر بوجاهة منطق بوهر ، ناعتا بوهر بأنه أشبه بالشخص الذى لا يتزحزح عن موقفه مهما كانت الظروف ، ومثل هذا الشخص لا يمكن دائما رفض منطقه على أسس منطقية ، وبنفس المنظور كان رفض آينشتين لتفسير كوبنهاجن لميكانيكا الكم ، ليس على أساس منطقى ولكن على أساس حدسى كامن •

ولكن ، فيما عدا القليل من الاستثناءات ، لم يرفضه بقية العلماء عندما رأوه صامدا حيال النقد العميق • وكانوا تواقين لقبوله، فبكونهم مغمورين بالأضواء الباهرة لتطبيقات ميكانيكا الكم المثيرة المرتقبة ، لم يكونوا على استعداد للتشويش على أسسها أو اثارة الشكوك حولها • ولم يكن بوهر وحده هو الذى تصدى للرد على ورقة آينشتين ، بل نهض لذلك بعض العلماء الأقل منزلة ، ولكن كما ذكر آينشتين بأسى ، كانت ردودهم شيئا آخر •

وقبل ذلك كان تفسير كوبنهاجن قد اكتسب وضعية النظرية المعصومة ، الى حد أن من يجرؤ على انتقاده يعرض نفسه للسخرية وفقدان السمعة الحسنة ، ولم يكن بلانك راضيا عن ذلك ، ورضخ له دى بروليى بسرعة ، رغم أنه فعل ذلك بلا اقتناع وحاول التملص منه بعد ذلك • أما شرودنجر فقد عارضه بحرارة • لكن المعارضين كانوا قلة ، وكانت الغالبية من علماء الكم على اقتناع بتفسير كوبنهاجن، وكانوا ينعتون المعارضين بأنهم فى سبيلهم للانقراض البطىء،

ظل الحال كذلك قرابة عشرين عاما ، وبعدها تعالت نبرات الشك • ورغم أن معظم العلماء مازالوا حتى الآن على اقتناع بذلك التفسير بشكل أو بآخر، لكن لم يعد له الشهرة والشرعية اللتان كانتا من قبل • وليس معنى ذلك وجود اتفاق عام حول بديل ، لكن الخروج على شريعة مستقرة هو أمر أكبر من مجرد عدم ارتياح عارض •

وقلما يعترف بأن الوضع يتضمن مشاكل ، الا أن ديراك ، على سبيل المثال ، كان مدركا وجودها • وهو لم يكن يتصور العودة لمبدأ القطيعة الكلاسيكى ، ولكنه حين رأى أن التطورات غامضة ، كتب عام ١٩٦٣ يقول : « قد يكون من المستحيل الحصول على صورة مرضية عن المرحلة الانتقالية الحالية » • فميكانيكا الكم بمنظور تفسير كوبنهاجن لهـا تداعيات تماثل تداعيات النسبية فى مجافاتها للمنطق • واليك مثالا حيا اقترحه شرودنجر عام ١٩٥٣ : بمقتضى تفسير كوبنهاجن من المستحيل أن نتنبأ بلحظة الانحلال الاشعاعى لنواة ذرة ما • ولكن ، أليس هذا منطقا معتادا ؟ ألم يستخدم آينشتين نفس المنطق فى استنباطه المذهل عام ١٩١٦ لاشعاع الذرة للفوتونات ، اشعاعا لحظيا لا يمكن التنبؤ به • أليس هذا دليلا على وجود عمليات عشوائية ، كالنشاط الاشعاعى، ليست متعلقة بلحظة يمكن توقع حدوثها، تدل ، بخسب تعبير آينشتين ، على أن الله يرمى بالنرد ؟ طبقا لتفسير كوبنهاجن ، نعم ، وأما بالنسبة لآينشتين فلا • فعدم التوقع لدى آينشتين هو لقصور النظرية ، وهو أمر مؤقت ، الخطأ فيه فينا نحن وليس فى الذرة • الا أن تفسير كوبنهاجن يرفض ، من ناحية المبدأ ، توقع مثل هذه العمليات ، وأن كل ما هو ممكن تجاهها هو الاحتمالات •

وعلى ضوء ذلك، فلننظر الى المثل الذى ضربه شرودنجر: نتصور أننا وضعنا قطة فى غرفة مغلقة مع قارورة تحوى سيانيد البوتاسيوم ، ثم نضع ذرة فى كشاف بحيث اذا ما تحللت الذرة اشعاعيا ، يؤدى ذلك لقدح زناد جهاز بكسر القارورة ، ويقتل القطة • ولنفرض أن احتمال الاشعاع هو ٥٠٪ فى الساعة • فى نهاية ساعة من بدء التجربة ، هل تكون القطة حية أم ميتة ؟

المفترض أن تكون فى حالة من الحالتين ، أو على الأقل هذا ما نعتقده • لكن وفقا لتفسير كوبنهاجن لرياضيات ميكانيكا الكم ستكون القطة فى حالة متأرجحة • بين الحياة والموت بنسبة ٥٠٪ • ومن الطبيعى أن نحاول التأكد من الحالة بالنظر داخل الغرفة ، ويخبرنا المنطق البسيط أن عملية الاستطلاع ليستلها صلة بالنتيجة ، فهى لن تقتل القطة ان كانت حية ، أو تعيدها للحياة لو كانت ميتة ، ولكن تفسير كوبنهاجن يرى عكس ذلك ، ان عملية الاستطلاع تؤثر على الوصف الرياضى للحالة المراد استطلاعها ، فهى التى ستحول القطة من الوضع المتأرجح الى الوضع المحدد ، سواء أكان الحياة المؤكدة أم الموت المؤكد ، أيا كانت الحالة •

لنفرض أننا قبلنا بأن المنطق الرياضى يعطى وصفا كاملا للصور المتعلقة بالموقف الفيزيائى ، فان حقيقة أن مجرد النظر للقطة سيكون له هذا الأثر الجوهرى على التغير فى الوصف الرياضى لحالتها وبالتالى على الموقف الفيزيائى ، أمر من الصعب قبوله بكل تأكيد • وقد حاول بوهر تلافى وجه الاشكال فى ميكانيكا الكم ، بالاصرار بأن علينا النظر للظاهرة الطبيعية كوحدة واحدة متكاملة تبدأ وتنتهى فى

العالم اللاكمى للحياة اليومية المألوفة ، والذى ينتهى باستطلاع حالة القطة اما حية أو ميتة قطعيا • فليس لنا أن نتوقف وسط العملية ، حيث تسود الظروف الكمية ، ونتوقع أن نحكم قبل أن تكتمل ، بمفاهيم الحياة اليومية •

هذا المبدأ الدقيق غير قابل للاختراق ، بشروطه هو • فهو يحرمنا أن نتوقف فى مرحلة بين البدء اللاكمى والنهاية اللاكمية للظاهرة برمتها • واذا ما شاركنا آينشتين فى الاعتراض ، واعتبرنا أن نظرية الكم تعطينا صورة غير كاملة عن الحقيقة الفيزيقية ، يمكننا النظر الى هذا الاشكال كأمر وقتى ، حتى ولو لم يكن بامكاننا وضع نظرية أفضل • وقد اعترف آينشتين طواعية بانجازات النظرية الكمية غير العادية ، وفى « ملاحظاته عن السيرة الذاتية » ، وكان ينتقى كلماته بعناية ، تحدث عنها كما لو كانت « أنجح النظريات الفيزيائية فى عصرنا » • ولكنه لم يقرن ذلك النجاح بالقبول • فقد ظل على شكه فيها بسبب طبيعتها الاحتمالية ، وعلى رفضه لمنطقها فى عدم اليقين • وفى رده على نقاده فى نفس الكتاب يلخص وجهة نظره بشكل قد يجده المرء مقنعا أو غير مقنع حسبما يرى • أما لمن تكون الغلبة ، آينشتين أو بوهر فمازال الوقت مبكرا للتخمين • هل تثبت هواجس آينشتين الحدسية على المدى الطويل أنها مبنية على أسس متينة بصورة غير متوقعة ؟ هذا ما يخبئه القدر •

وقد كان القرار الفورى الى حد كبير فى غير صالح آينشتين • فقد وسع من مفاهيم بلانك فى الكم عندما أحجم عن ذلك الكثيرون • وكانت أفكاره الرائدة عن الكم أيضا هى الحاسمة فى القبول المبدئى العام لتلك المفاهيم • وقد

رحب أيضا بالمفاهيم الثورية لدى بروليي التي ألهمت شرودنجر . وكان الرائد في كل تجديد علمي عندما كان المستقبل في طي المجهول . ولكنه الآن قد أصبح في نظر قطاعات واسعة من علماء الكم كأحد المحافظين الذين تخطتهم الحداثة ، أحد الذين يصارعون هباء حيال الثورة العلمية التي لا فكاك منها على ذات أساسيات العلم .

ان موقف علماء الكم هؤلاء غير مفهوم ، فقد استوعبت ميكانيكا الكم الجديدة كل المستحدثات الكمية الجريئة التي أدخلها آينشتين ، وبتطور هذه النظرية أصبح دوره فيها مقصورا على النقد فقط . وكان من السهل على المتحمسين أن يأخذوا انتقاداته ضده ، ونسيان أهميتها في بلورة تفسير كوبنهاجن . لقد وضعت النظرية النسبية العامة آينشتين في مستوى نيوتن السامي ، ولكنها بعكس النظرية النسبية الخاصة لم تعط دعما لعلماء الفيزياء ، وكانت تطبيقاتها المحدودة للفكر وليس للمختبر . وكلما أغرق نفسه في تلك النظرية وتعميماتها ، أخذته بعيدا عن المشاغل الوقتية الحالة لعلماء الذرة . كما أدت مغادرته لأوربا والعزلة النسبية التي تعمدها الى انعزاله عن التيار العام للفيزياء ، ورغم أن تأثيره بين علماء الفيزياء قد تضاءل ، الا أنه ظل الرمز الأسمى وقمة العلم بين العامة .

وفي ذات الوقت في أوربا كانت الأحداث ، علمية وسياسية ، تتحرك باتجاه اللحظات الحاسمة . وفي عام ١٩١٩ اكتشف رذرفورد أن التصادم بين نويات الهيليوم والنيتروجين يسبب في تحولهما الى نويات من الهيدروجين والأكسوجين ، ومرت هذه الظاهرة دون انتباه ، فقد كان

الاهتمام منصبا على أحداث أجسم ، كاثبات ايدنجتون من خلال كسوف الشمس صحة النظرية النسبية العامة ٠

وبمرور السنوات تضخم اكتشاف رذرفورد ، ووجد أن المزيد من النويات المعتقد بثباتها قابلة للتحول ٠ وفى عام ١٩٣٢م فى مختبر كافنديش فى كامبردج ، أدت التحـولات النووية لبعض الذرات الى تأكيد قاطع لمعادلة آينشتين عن علاقة الطاقة بالكتلة وسرعة الضوء ، أى بعد خمس وعشرين سنة من اعلان آينشتين لها ٠ وفى العام التـالى كان التوصـل لمزيد من التأكيد القاطع ، مع تحول الذرة كليا هـذه المرة ، وليس جزئيا ، الى طاقة (١٨) ٠

لم يعد من شك فى صدق حدس آينشتين ، من أن الكتلة هى وعاء هائل للطاقة ٠ نحن لا نحصـل عـلى قدر كبير من الطاقة بحرق أوقية من الفحم ، بل ولا نستطيع حرق أوقيـة من الرمل ، ولـكن أية أوقيـة من الفحـم أو الرمل أو أية مادة آخرى تحتوى حرفيا على كم من الطاقة تسـاوى حـرق أطنان من الفحم ، تقدر بعدة آلاف فى الواقع ٠ هل يمـكن استغلال هذا القدر من الطاقة لأغراض عملية ؟٠ من الملفت للنظر أن كلا من رذرفورد وآينشـتين أجابا بالنفى ، كان استخلاص الطاقة من الكتلة النووية بلا طائل على الاطلاق ، فما يتطلب من الطاقة لاستخراجها آكبر مما يستغل ٠

---

(١٨) هذا التعبير الدارج يمكن أن يؤدى لخطأ الفهم ٠ فحين « تتحول الكتلة الى طاقة » يتخلف قدر من الكتلة بقدر ما كان موجودا من قبل ، فى البدء كانت الكتلة فى حالة سكون ، ثم تحرر جزء منها الى كتلة فى صورة طاقة حركة أو اشـعاع ، وقد كانت اكتشافات ١٩٣٢ ذات مغزى هام ، فقد اكدت ، وان كان كحالة خاصة ، ليس صدق مقولة آينشتين عام ١٩٠٥ بأن للطاقة كتلة ، بل مقولته الأشد جسارة عام ١٩٠٧ بان الكتلة باكملها تعـادل الطاقة ٠

ولكن فى عام ١٩٣٢ ، وهو نفس العام الذى شهد أول التأكيدات الموفقة لمعادلة الطاقة لآينشتين ، أدت دراسة التحولات النووية فى ألمانيا وفرنسا الى اكتشاف النيوترون على يد جيمس شادويك James Chadwick فى مختبر كافنديش، وهو جسيم محايد كهربيا له نفس كتلة نواة الهيدروجين • وباكتشاف النيوترون تغير الموقف جذريا ، وباستثناء شخص واحد ، لم ينتبه لذلك أحد • وكان ذلك الاستثناء متمثلا فى تلميذ آينشتين السابق زيلارد Szilard ، وهو لاجىء فى انجلترا • فقد تنبأ بصفاء ذهن ملحوظ بما سيجلبه اكتشاف النيوترون • وقد وقعت هذه الأحداث فى ١٩٣٢ و ١٩٣٣ مع وصول هتلر للسلطة ، وفرار العلماء من ألمانيا • ولم يكن شرودنجر يهوديا ، ولكنه ترك كرسى الأستاذية فى برلين واستقر فى دبلن ، كما غادر بورن جوتنجن ليصبح أستاذا فى أدنبرة ، ونقد رصيد ألمانيا من العقول المفكرة •

وفى ايطاليا الفاشية عام ١٩٣٤ قاد اينريكو فيرمى Enrico Fermi من جامعة روما فريقا من الباحثين المتخصصين فى قذف النواة الذرية بالنيوترونات ، ولأنها محايدة فقد كان يمكن أن تقترب من النواة بدون مواجهة قوة طاردة ، وكن من شأن هذه النتائج التى لا تعنينا تفاصيلها أن منح فيرمى جائزة نوبل •• وما يعنينا فى قصتنا هو امطاره لأثقل نويات معروفة ، وهو نواة اليورانيوم ، وقد توصل نتيجة لذلك لخلق عنصر لم يكن معروفا من قبل ، وهو ما يسمى الآن نبتونيوم ، ولكنه لم يكن متأكدا •

وما لم يعرفه هو أنه توصل الى شىء أكثر أهمية بكثير، لقد تسبب فى انشطار ذرة اليورانيوم ، وهى حقيقة كانت

غير قابلة للشك ، قنبلة موقوتة مميتة تنتظر موعدها في جو من التوتر السياسى المتصاعد · كانت ألمانيا منطلقة ، وحولها الحكومات الديمقراطية تقف في شلل ظاهر · وفي مارس ١٩٣٦ قام النازيون الذين لم يكونوا مستعدين بعد للحرب باعادة احتلال حوض الراين بخديعة ماكرة ، ولم يقابلوا أية مقاومة · وفي نفس العام قدم بوهر نظريته عن نواة الذرة ، وبين فيها أن لها العديد من خواص قطرات السوائل · وفي ذات الموقف في برلين ، وفى معهد القيصر ، ويلهلم ، نفس المعهد الذى كان آينشتين مرتبطا به ، قام الكيمائيون: أوتو هان Otto Hahn وفريتز شتراسمان Fritz Stressmann والنمساوية ليز مايتنر Lise Meitner جميعا على اعادة تجارب فيرمى في قذف نواة اليورانيوم بالنيوترون ، والتأكد من كونه قد توصل الى عنصر جديد ·

وفى مارس من عام ١٩٣٨ كانت أوربا ترتجف بينما النازى يستولى على النمسا تحت التهديد العسكرى ، وبلا طلقة واحدة ، وأصبحت ليز مايتنر فى خطر داهم ، لكونها يهودية · لم يكن يرحمها من القوانين الصارمة الا كونها أجنبية · والآن ، وبعد أن أصبحت بلادها جزءا من ألمانيا لم تعد كذلك ، ومن ثم تعين عليها الفرار ، وبمعونة بوهر أوجد لها مأوى فى معهد نوبل بالسويد ، وهناك أصبحت فى مأمن ·

وفى سبتمبر ١٩٣٨ وقعت اتفاقية ميونخ ، محاولة عبثية تافهة لاقرار السلام ، وفى محاولة لتفادى الحرب مع هتلر بأى ثمن ، وربما لدفعه لمحاربة روسيا · خانت الديمقراطية المرتبكة تشيكوسلوفاكيا وسلمتها عمليا

للدكتاتوريين . وعلا صوت تشرشل فى انجلترا معترضا ـ ولكن لم تكن له أية سلطة .

وفي نفس الشهر قام موسيليني مقلدا هتلر بفرض قوانين معادية للسامية ، ولم تكن في بلاده حتى الآن أية نزاعيات لا سامية . أما فيرمى المدرك لخطورة الشمولية فقد بدأ يخطط للهرب فى هدوء ، حيث كانت زوجته يهودية .

وفي نوفمبر عام ١٩٣٨ ، وفي أعقاب أسبوع من العنف والرعب المنظم ، بدأ النازيون حربهم ضد اليهود . وفي ديسمبر سافر فيرمى مع عائلته لاستلام جائزة نوبل فى السويد ، ومنها سافر الى الولايات المتحدة حيث ينتظره منصب الأستاذية فى جامعة كولومبيا . وقبل عام من بداية الحرب الثانية بدأت أسرار القنبلة تتكشف ، وقبل كريسماس عام ١٩٣٨ بقليل أتم كل من هان وشتراسمان بحثا فنيا بينا فيه أن قذف نواة اليورانيوم بالنيوترونات البطيئة نسبيا ينتج نواة من الباريوم تبلغ كتلتها نصف نواة اليورانيوم ، لقد انشطرت نواة اليورانيوم بالفعل !! وهو ما كان مستحيلا فيزيائيا . وأرسل هان المشدوه التفاصيل الى ليز التى ناقشت المسألة مع ابن أختها أوتو فريش Otto Frisch المهاجر أيضا هربا من النازى ، وباستخدام فكرة بوهر عن خواص النواة كقطرات سائل أمكنهما حل المسألة فى بضعة أيام ، فبسبب قوة التنافر العنيفة داخل النواة يمكن أن تكون على شفا عدم الاتزان ، فما أن تقذف بنيوترون واحد حتى تنشطر الى قطرتين ، أو نواتين أصغر . ولكن انتظر ، بسبب التنافر بينهما سوف يتباعدان بعنف ، فمن أين تأتى هذه الطاقة العنيفة ؟ من معادلة آينشتين ط=ك×حـ٢ ، ولقد أصبحت

الصورة واضحة ، فكتلة النواتين المتخلفتين عن الانشطار أقل من كتلة النواة الأصلية ، والفرق هو مقدار الطاقة المحررة • ولم يكن من المتصور أن تطلق عملية الانشطار هذا الكم من الطاقة •

وبدأت الأحداث تتحرك بسرعة ، ففى كوبنهاجن تمكن فريش من اجراء التجربة الحاسمة بنجاح ، وأكد وجود تلك الدفقات المتوقعة من الطاقة ، ولكنه سارع قبلها باخبار بوهر عن الفكرة ، وقد كان يستعد للسفر لأمريكا للعمل بمعهد الدراسات المتقدمة ، فنقلها الى هناك ، وفى يناير ١٩٣٩ كان انشطار اليورانيوم مؤكدا ، وكان فيرمى من أوائل من أدركوا أنه يحتمل أن يكون من بين بقايا الانشطار المزيد من جسيمات النيوترون ، واذا ما كان الأمر كذلك ، فان هذه الجسيمات يمكن أن تؤدى الى المزيد من الانشطار ، وأن تتحول العملية الى ما يسمى الانشطار المتسلسل ، منتجا كما هائلا من الطاقة •

وبنهاية مارس ١٩٣٩ ، وبينما تشيكوسلوفاكيا تحت وطأة الاحتلال وبولندا مهددة ، قرر الفرنسيون والبريطانيون الوقوف بحزم ، وأعلنوا أنه اذا ما تعرضت بولندا للهجوم على أيدى الألمان فانهم سيهبون لمساعدتها ، وهو حزم جاء متأخرا لم يمنع وقوع الكارثة • وفى نفس الوقت تقدم زيلارد وزملاؤه فى جامعة كولومبيا خطوة للامام فى طريق القنبلة الذرية بتأكيدهم تولد النيوترونات بالفعل خلال الانشطار النووى •

حتى الآن لا يمكن لأحد القول بامكان تحقيق القنبلة الذرية ، كانت الاحتمالات فى غير صالحها • ولكن القلق كان

سائدا بين العلماء الأجانب فى الولايات المتحدة والكثير منهم من الفارين من النظم الشمولية ، فهم خير من يعلمون مصير البشرية لو كسبت هذه الدكتاتوريات سباق صناعة القنبلة . وعلى الرغم من أن الأمر كان لا يقل خطورة اذا ما فازت الديمقراطيات في السباق ، فانه كان لابد من المجازفة · ففى أبريل حاول فيرمى أن يثير اهتمام البحرية الأمريكية ، ولكنه حصل على شيء قريب من عدم الاهتمام المهذب ·

وبتصاعد هذه المشاعر من الخشية ، لجأ زيلارد الى طلب الدعم من صديقه المجرى المولد يوجين ويجنر Eugene Wigner وذهبا معا فى منتصف يوليو لمقابلة آينشتين الذى كان يقضى اجازة فى لونج آيلاند فى منطقة ناسو المنعزلة قرب بيكونك مستمتعا برياضة الزوارق ، ولا يبدو أنه كان على علم بالتفاعل المتسلسل واحتمالاته الرهيبة · وقد يبدو غريبا أن نتوقف وسط هذه الأحداث الدرامية ونقول ان آينشتين كان يستمتع بلعب الكمان ، ولكن هذا الاستمتاع بالموسيقى كان تفاعلا متسلسلا فى حد ذاته ، ذلك أنه قد وطد الصداقة بينه وبين الملكة اليزابث ملكة بلجيكا ، ثم الآن مع الملكة الأم - منذا الذى كان يمكنه توقع ما تتمخض عنه تلك الجلسات الموسيقية فى القصر الملكى ؟ وأنه سيكون لها يوما ما علاقة بالكونجو البلجيكى، المصدر الرئيسى لليورانيوم الخام فى العالم ؟ عندما جاء زيلاند ورفيقه لمقابلة آينشتين كان مقصدهم الأساسى حثه على استخدام نفوذه لدى الملكة الأم لضمان عدم وقوع اليورانيوم بين أيدى النازى ، ولكن الأحداث اتخذت منحى آخر بسرعة ، بسبب جهد زيلارد الذى لا يكلّ ، واتصاله بأحد الاقتصاديين من ذوى النفوذ ، الكسندر ساكس Alexander Sachs والذى اقترح اقتراحا أكثر

طموحا ، وهو الكتابة للرئيس روزفلت شخصيا . وتم اعداد كتاب وقع عليه آينشتين أخذ شهرة بعد ذلك ، مؤرخ الثاني من أغسطس عام ١٩٣٩م يحمل بريد منطقة ناساو المسالمة ، جاء فيه :

« تفيد بعض أعمال فيرمى وزيلارد التي تسلمت نسخة منها امكان تحويل اليورانيوم الى مصدر هام للطاقة ، وذلك فى المستقبل القريب جدا . بعض جوانب الموقف تدعو للترقب ، وعند الحاجة للعمل السريع من جهة حكومتكم . لهذا فانني أعتقد أنه من واجبى أن ألفت نظركم لما يلى : من المتصور انتاج قنابل قوية بشكل خارق ومن طراز جديد ، لو انفجرت فى ميناء آمكن أن تفجرها تماما هى وبعض المناطق المجاورة . ولقد علمت أن ألمانيا قد أوقفت بيع اليورانيوم من مناجم تشيكوسلوفاكيا التى استولت عليها ، وان قيامها بهذه الخطوة مبكرا يجب أن يفهم فى ضوء ما يحدث فى معهد القيصر ويلهلم ، حيث تجرى بعض التجارب على اليورانيوم شبيهة بما يجرى فى الولايات المتحدة » .

ولم يكن من المتوقع أن يوقع آينشتين على خطاب كهذا لولا أنه طور من ميوله السلمية ، ليعتبر مواجهة الشيطان أكثر أهمية من نبذ الحرب . وكان من المتوقع أن يكون لهذا الخطاب تأثير هائل ، ولكن هذا الأمر قد تم التعتيم عليه .

كانت ألمانيا النازية وروسيا الشيوعية تتبادلان حملات الكراهية ، وفى أواخر أغسطس من عام ١٩٣٩م وقعت الدولتان اللدودتان معاهدة عدم اعتداء ، وفى سبتمبر هاجمت ألمانيا بولندا وبدأت وقائع الحرب العالمية الثانية عمليا بعد أن ظلت سحبها مخيمة لزمن طويل .

لم تكن رسالة الثانى من أغسطس قد بلغت روزفلت بعد ، فلم يتسلمها الا فى الحادى عشر من أكتوبر ، أى بعد ثلاثة أسابيع من استيلاء النازى على بولندا . حقيقة شكل روزفلت على الفور لجنة استشارية حول اليورانيوم ، كانت بدايتها مشجعة ، ولكن مع حلول مارس ١٩٣٩م لم تكن اللجنة قد حققت شيئا يذكر ، الأمر الذى دفع الى كتابة خطاب ثان أكثر الحاحا بلغ روزفلت بسرعة بمعاونة ساخس . وفى أبريل دعى آينشتين لحضور اجتماع موسع للجنة ، ولكنه كتب معتذرا ومنبها لحرج الموقف .

وفى مايو اكتسح النازى كلا من هولندا وبلجيكا ، وفى ٢٢ يونيو استسلمت فرنسا . وفى المعركة الجوية مع بريطانيا مال الميزان بشكل طفيف فى صالح الأخيرة ، مما أوقف التوسع النازى . بعد ذلك اتجهت ألمانيا شرقا ، ففى ٢٢ من يونيو هاجمت روسيا رغم المعاهدة الموقعة بينهما . وظل موضوع اليورانيوم متعثرا .

نعود الى فبراير ١٩٣٩م، أثناء عمل بوهر مع الفيزيائى جون هويلر John Wheeler فى برنستون ، تنبأ بأنه ليس كل صور اليورانيوم قابلة لانتاج التفاعل المتسلسل ، ولكن نوع نادر منه . وقد تأكدت بعد ذلك ، ولكنها كانت وقتها محل شك . وكانت النبوءة تعنى شيئين : أنه يمكن بالفعل صناعة قنبلة من هذا النوع ، وأن ذلك يتطلب مجمعا صناعيا هائلا لاستخراج هذا النوع من اليورانيوم .

وفى انجلترا فى بدايات ١٩٤٠م، قام كل من فريش ابن أخت مايتنر الذى سبق ذكره مع رودلف بيرلس Rodelph Peierls بلفت نظر البريطانيين للموقف ، وبينت الأبحاث أن الكمية

المطلوبة لانتاج القنبلة جد ضئيلة ، وغير ذلك من موقف البريطانيين المتشكك ، وأدى ذلك الى تأثير ملحوظ على قرار الحكومة الأمريكية ، وعلى ذلك فانه من المتوقع أنه حتى ولو لم يكن آينشتين قد كتب خطابيه ، لكانت القنبلة قد تم صنعها فى الزمن الذى تمت فيه • ذلك أن قرار صنعها صدر فى ٦ ديسمبر من عام ١٩٤١م •

وفى الصباح الباكر من اليوم التالى فى الشرق الأقصى، قام اليابانيون بمهاجمة بيرل هاربور •

وبقية قصة الحرب شائعة لا تحتاج لاعادة ، وبينما الجيوش تتقاتل ، والملايين من النساء والشيوخ والأطفال يقتلون ، والآلاف من يهود وغير يهود يعذبون ويعدمون فى معسكرات الاعتقال، كان الخوف سائدا لدى العلماء المهاجرين خشية احتكار النازيين للقنبلة ، فاتحدت كافة الجهود لكى تكسب الولايات المتحدة السباق • وفى الثانى من ديسمبر عام ١٩٤٢م تمكن فيرمى فى شيكاغو من تحقيق أول تفاعل متسلسل مستقر ، أول نيران ذرية يصنعها البشر • وفى عام ١٩٤٣م تحتم على بوهر الفرار من الدانيمارك بعد صدور قرار باعتقاله وترحيله الى ألمانيا ، وهو نفس مصير آينشتين لو ظل هناك ، وبعد رحلة مغامرات تمكن من الوصول الى انجلترا ، ومنها توجه الى الولايات المتحدة ، وأمضى وقتا طويلا فى لوس آلاموس ، حيث كان ج•روبرت أوبنهايمر J. Robert Oppenheimer على رأس فريق عمل يتولى العملية المعقدة لصناعة القنبلة •

كان بوهر من أوائل من كان لهم بعد نظر حول النتائج المروعة لصناعة القنبلة ، وفى عام ١٩٤٤م تحدث مع روزفلت

وتشرشل عن المشاكل السياسية المحتملة لها ، لكن نتيجة ذلك لم تكن حسنة بالمرة ، فخلال فترة ما ظن تشرشل مخطئا أن بوهر يمرر بعض المعلومات للروس ، ولذلك تحدث جديا في أمر القبض عليه . وكان زيلارد هو الآخر قد تنبه للمخاطر على الجنس البشرى من جراء ذلك ، ولأنه لم يكن بثقل بوهر فقد أسر بذلك لآينشتين ، وفى مارس من عام ١٩٤٥م كتب الأخير للرئيس روزفلت خطابا يقدم فيه زيلارد له ، ومسلحا بمثل هذا الخطاب كان بامكان زيلارد أن يقدم مذكرة مفصلة للرئيس .

وكان هذا ما فعله ، ولكن لم يقدمه ، فقد توفى روزفلت فى ١٢ أبريل ، ولو امتد به العمر أياما قلائل لشهد انتحار هتلر الذى تحول حلمه حول حكم العالم الى ذرات من رماد .

وبعد انهيار المانيا اتضح أن النازيين لم يحققوا شيئا يذكر فى صناعة القنبلة الذرية ، ولكن الخطط فى الولايات المتحدة كانت قد حققت تقدما هائلا لا يمكن أن توقفه مثل هذه الأنباء ، وتم اختبار القنبلة فى ١٦ يوليو عام ١٩٤٥م فى منطقة منعزلة من نيومكسيكو ، حيث خلفت أول السحب من الدخان التى تشبه عش الغراب ، والتى ألقت بظلالها الكئيبة على مستقبل البشرية .

تكلمنا فيما سبق عن خطابات آينشتين بخصوص امكانية تصنيع القنبلة ، وخلال الحرب عمل كمستشار للبحرية الأمريكية ، كذلك فى نوفمبر عام ١٩٤٣م ، عندما طلب منه أن يعاون فى حملة للتبرع للدعم الحربى باهداء مخطوطتين من بحثين له وافق على الفور . احدى المخطوطتين كانت بحثه

الشهير عن النسبية والمكتوبة فى برن عام ١٩٠٥م ، لكن فى تلك الأيام البعيدة لم يكن الرجل مهتما بالاحتفاظ بمسودات أعماله ، لذلك قدم أفضل ما يمكنه عمله ، فقد أعاد كتابة المقال بخط يده ، بعدما أملته عليه سكرتيرته من النسخة المطبوعة ، وكان الموقف طريفا ، السكرتيرة تملى وآينشتين يكتب • وفى لحظة ما توقف ونظر بدهشة قائلا : « هل قلت أنا ذلك ؟ » وعندما أكدت له أن هذا حق رد ببساطة : «كان بإمكانى أن أقوله بشكل أبسط» • ولا نعلم للأسف عن أى جزء كان يتحدث • وعندما عرضت الورقة المكتوبة للمزاد فى ٣ فبراير عام ١٩٤٤م بمدينة كانساس جلبت حوالى ٦ ملايين دولار للمجهود الحربى • أما الورقة الثانية فقد جلبت ٥ر٥ مليون دولار • وتستقر الورقتان الآن فى مكتبة الكونجرس • أما مخطوطته للنسبية العامة فهى محفوظة فى مكتبة الجامعة العبرية بالقدس •

ولكننا نغفل مالا يمكن اغفاله ، لقد ألقيت القنبلة بالفعل على هيروشيما فى ٦ أغسطس عام ١٩٤٥م •

وقد استمعت السكرتيرة للأنباء فى الاذاعة ، وعندما نزل آينشتين لتناول الشاى بعد الظهر أخبرته بذلك ، فصرخ من أعماقه « أواه ! » •

الفصل الحادى عشر

استعراض أرحب

نرجع من الحرب الثانية الى الحرب الأولى • ففى عام ١٩١٧م وفيما قبل بعثة الكسوف ، طبق آينشتين نظريته النسبية العامة على الكون ككل • ولم يطبقها في الواقع على الكون ككل بما فيه من خفايا وتفاصيل ، ولا على ما للبشر فيه من أحلام واحباطات ، ولا على ما فيه من مروج وقفار ، ولا على الأرض أو الشمس اللتين تمثلان أهم اهتماماتنا أو ما فى السماء من نجوم ، بل على نموذج بسيط مجرد من كل ما سبق •

ومنذ البداية كان قصد آينشتين أن يمد نطاق نظريته على الكون ، ولكنه في البداية طبقها على النظام الشمسى • وعندما حاول تطبيقها على الفضاء اللانهائى واجه مشاكل غير متوقعة • ورغم محاولاته فلم يتمكن من تطبيقها على المساحات اللانهائية ، حقيقة كان يمكن أن يضع صياغة رياضية ، ولكنه كفيزيقى فقد كان الاكتفاء بالنمذجة الرياضية نوعا من الافلاس • وكان تجنبه لذلك أمرا ليس سهل المنال • وعندما قام بتمثيلها عام ١٩١٧م فى بحثه الذى افتتح به موضوع «علم الكون النسبى» ، تحدث عن «طريق

وعر شديد الالتواء » ، يتعين عليه أن يسلكه للوصول الى حل حاسم ٠

ولكى يؤهل مستمعيه ، فقد بدأ بمناقشة الصعوبات المعروفة فى نظرية نيوتن عندما يعتبر المرء أن النجوم موزعة بشكل متجانس تقريبا فى الفضاء اللانهائى ٠ ويمكن للانسان أن يتفادى هذه المصاعب بأن يتخيل أن هذه النجوم تشكل نوعا من الجزر المنتشرة فى الفضاء اللامتناهى ، تزداد تشتتا كلما توغلنا فى الفضاء السحيق مبتعدين عن الكوكبة المركزية ٠ ولكن هذا الحل « الجزرى » لم يرق لآينشتين ، وقد سجل عليه حججا بسيطة ولكنها نفاذة ٠ فعلى سبيل المثال: لو نظر للنجوم على مستوى هائل باعتبارها ذرات من غاز ، فلن يكون لها طبقا لنظرية الغازات أى وجود ، اذ لن يمكن لها أن تحتفظ بالمادة ٠ ومن جهة أخرى فلو احتفظت بها فستكون عرضة لعملية مشابهة لعملية البخر ، فتتلاشى فى الفضاء الرحب ٠

وكانت هذه الحجج أكثر من جدل فى نطاق نيوتونى ، فقد طبقها وغيرها بمفهوم من النسبية العامة من خلال اقتحامه لمشكلة الكونية النسبية على نطاق واسع ٠ ولا داعى للخوض فى التفاصيل ، فقد تبع آينشتين « ماخ » فى القول بأن الجسم يكتسب القصور الذاتى فقط بسببية وجود المواد الأخرى فى الكون ٠ وقد تحدث عن ذلك باعتباره قصورا نسبيا ٠ وكان مدخله للموضوع مبنيا أساسا على ذلك ، وعلى حقيقة مبنية على المشاهدة ، وهى أن السرعة النسبية بين النجوم من الصغر بحيث يمكن اعتبار الكون ساكنا بصفة أساسية ٠ وهو ما حدد من امكاناته ، وبعد صراع مرير وجد آينشتين نفسه

مجبرا على التوصل الى أن المسافات اللانهائية تسبب مشاكل لا حصر لها • فما العمل ؟

ببساطة ، استبعد آينشتين المسافات اللانهائية •

ولكن الواقع لم يكن بهذه البساطة ، كان علاجا يائسا ، حلا أخيرا بعد أن فشلت كل الحلول الأخرى • وكان عليه اجراء تعديل فى معادلات المجال التجاذبي لتحقيق هدفه ، مضحيا بجمال التناسق بين تلك المعادلات • وكان التعديل على هيئة معامل أدخله يسمى حرف « لامدا » الاغريقى •

حسنا ، ولكن كيف تخلص آينشتين من المسافات اللانهائية ؟ هنا وفر له متخصصو الهندسة الوسائل اللازمة • وفى نموذجه الجديد للكون تصور أن الفراغ فيه بأبعاده الثلاثة كامتداد لا نهائى بلا حدود • ويمكن أن نرى جوهره لو تصورنا فراغا ذا بعدين لا ثلاثة • ولنبدأ باعتبار سطح مستو ممتدا بلا نهاية ، وللتخلص من هذه اللانهائية يمكننا تحديد دائرة تضم منطقة من هذا السطح ، واعتبار ما عداها خارج حدودنا • ويمكننا أن نقصها ، تاركين حواف فى السطح الأصلى • على النقيض من ذلك ، فلنأخذ سطح الكرة ، وهو محدود ولا يمتد بأبعاد لا نهائية ، ولكن ليس له حواف على سطحها ولا مناطق خارج الحدود • وبالفعل فكل المناطق عليه متماثلة ولا علاقة لها بالمركز •

لا علاقة لها بالمركز ؟ بالتأكيد هذا غير صحيح بالمرة •

ولكن الأمر ليس كذلك ، بالفعل للكرة مركز ، ولكنه ليس على السطح ، لا تنس أننا بغرض القدرة على التصور

نفكر في المسألة بمدلول بعدين فقط وليس ثلاثة ، ونمضي بهذا لتصور ليس الفراغ فقط ، بل والنجوم وأنفسنا على أننا نشغل مسطحا ذا بعدين على سطح تلك الكرة • السطح هو كل الفراغ الموجود ، اما ما خارجه أو داخله فعلينا أن نعتبره غير موجود • وهو أمر ليس بالهين بالمرة •

ورغم ذلك لنفترض أننا فعلناه • وعليه فقد نجحنا فى تصور فراغ ثنائى الأبعاد ، وهو سطح الكرة ، ذى أبعاد محدودة وليس له حدود ولا مركز ولا مناطق خارج الحدود • وعلينا ألا نرهق أنفسنا بالخطوة التالية وهى القفز للأبعاد الثلاثة ، فمثل علماء الهندسة البحتة ، تعامل آينشتين مع المشكلة بالنمذجة الرياضية الصرفة • فقد استخدم فراغا كونيا ثلاثى الأبعاد بلا مركز أو حدود وان كان محدد الأبعاد ، وأضاف اليه بعدا رابعا غير منحن وبأبعاد محددة ، هو الزمن •

وهكذا عن طريق الغاء المسافات الفضائيية اللانهائية تمكن آينشتين ببراعة أن يحل مشاكله الكونية الملحة ، ولكنه خلال ذلك أدخل مشاكل جديدة ، فقد بسط من كونه اذ نظر اليه ككل ليكون مؤسسا على سكون مطلق ، وزمن مطلق ، وتزامنية مطلقة • ذلك لأنه بناء على تقريب بمقتضاه تكون النجوم فى حالة ثبات فيما بينها ، ويمكنها بالتالى أن تلعب الدور المنبوذ سابقا كاطار مرجعى كونى فى حالة سكون ، وأن التزامن فى هذا المرجع يكون مطلقا •

انها لمفاجاة بلا شك ، أن نجد آينشتين بالذات يعود للحديث عن الثبات المطلق والزمن المطلق بهذا الشكل ، فهو لحل مشاكله الكونية بدا وكأنه قد ضرب صفحا عن هيكله

السابق تماما · ولكنه كان واعيا لما يفعل ، فلم يكن الأمر أخطر من انتقاله السابق من النظرية النسبية الخاصة الى العامة حينما تخلى عن ثبات سرعة الضوء · وفى التطبيقات غير الكونية ظلت أعماله السابقة راسخة تماما ، أما فيما يتعلق بالتعامل مع الكون ككل ، فالثمن هو أن يتعامل مع ثبات وزمن مطلقين ·

ولكن لماذا يتعين عليه ذلك ؟ لأن لدينا كونا واحدا · والقواعد حينما تطبق على حالة فردية تكون حالة خاصة ، وما يعطيها صفة العمومية هو أن تطبق على مواقف متعددة · ونحن حين نتجرأ ونتحدث عن الكون ككل ، فأين يمكننا أن نجد صورا متعددة من الزمكان ؟

ليس فى النجوم ، ولكن فى أنفسنا نحن · لقد اتضح أن هناك العديد من النماذج الكونية ، تفى بأغراض التذوق الجمالى · ولم يكن آينشتين يدرى ذلك ، ولا يدرى أيضا كيف أن النجوم ضللته كما فعلت مع الكثيرين غيره · فما كان يعتبره حقيقة مبنية على المشاهدات ثبت أنها ليست الا خداعا · وليس لنا أن نقلل من شأن بحث عام ١٩١٧م ، حيث انه سيتضح لنا أنه كان معيبا · فقط كان خطوة جبارة بلا شك ، اذ فتح آفاقا لطريق جديد أثمر الكثير من الآراء ، لعله من المفيد أن نبين أطرها العامة هنا ·

لم يكد آينشتين يتخذ خطوته الرائدة عام ١٩١٧م حتى قام « دى سيتر de Sitter » فى هولندا المحايدة باكتشاف حل آخر لمعادلات آينشتين الكونية ، وقد كان الأمر محرجا ، فقد تبين أن تلك المعادلات لا تؤدى الى نموذج فريد للكون · والأكثر من ذلك ، فعلى عكس آينشتين ، كان كون

دى سيتر فارغا • وكان بذلك مناقضا لرأى أينشتين وماخ بأن المادة والزمكان مترابطان ، بحيث لا يمكن أن يوجد أحدهما دون الآخر •

كان لكون دى سيتر خصائص محيرة • فرغم أنه كان فارغا ، فانه كان متمددا وبسرعات متزايدة ، وهو ما كان يعارض الدلائل الفضائية السائدة آنذاك •

وحدث تقدم هام عام ١٩٢٢م ثم بعد ذلك عام ١٩٢٤م، حينما وجد عالم الرياضيات الروسى الكسندر فريدمان Alexander Friedmann حلولا أخرى لمعادلات آينشتين الكونية ، وعلى عكس كون دى سيتر ، لم تكن فارغة ، وعلى عكس كون آينشتين ، لم تكن ثابتة • فقد اكتشف فريدمان امكانية النسبية للأكوان ، بعضها متمدد والبعض الآخر منكمش والبعض يتحول من التمدد للانكماش • والأكثر من ذلك ، فرغم آنها يمكن أن تشغل فراغا محدودا ، يمكن أيضا أن تكون غير محدودة فضائيا • والفراغ فيها اما مسطح أو متحن بشكل منتظم • كان فتحا مفاجئا ، ولكن لم يكن له على الرغم من ذلك تأثير فورى ، وحتى آينشتين نفسه لم يفهمه فكان انطباعه الأولى عنه سلبيا •

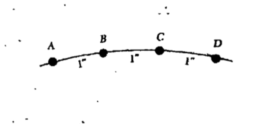
ولكن قبل ذلك بقليل كان علماء الفلك فى محاولتهم الاقتناع بصورة جديدة للكون ، قد أدركوا منذ وقت طويل بأن نظامنا الشمسى هو بقعة ميكروسكوبية من التجمع الهائل المسمى بمجرة «دربالتبانة ، أو درب اللبانة milky way»، ر... أطلق على المجرة كلمة Galaxy مشتقة من كلمة اغريقية تعنى اللبن ، حيث كانت مجرتنا واضحة للعيان بصورة باهتة

أشبه بلبن مسكوب • وكانت القياسات القاطعة قد أجريت عن طريق عالم الفلك الأمريكى الشهير ادوين هابل Edwin Hubble ، وقد أوضحت بجلاء وجود حشود من آلاف المجرات تضم بلايين النجوم ، موزعة بشكل منتظم الى حد ما فى الفضاء • وكان اعتراض آينشتين على توزيع منتظم للمادة عبر الفضاء الكونى ، لا يزال مقبولا عند الحديث على مستوى المجرات بدلا من النجوم •

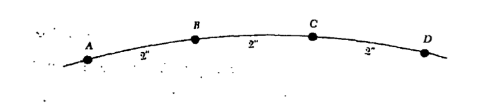
ولكن افتراضه بكون ثابت كان غير مقبول • كان علماء الفلك، وهابل بالتحديد، يدركون بمعاونة تليسكوب ذى قطر ١٠٠ بوصة على قمة جبل مونت ويلسون بكاليفورنيا حركات ومسافات المجرات • وفى ١٩٩٢م نشر هابل أدلة قوية ليست فقط عن تباعد المجرات البعيدة ، بل عن انتظام سرعات هذا التباعد ، فكلما زادت المسافة عنا ، زادت سرعة التباعد ، والنسبة بين القيمتين : البعد وسرعة التباعد ثابتة يطلق عليها « ثابت هابل» • وفى معظم المسافات التى تمت دراستها كانت السرعات عالية ـ وصلت الى ٧٠٠٠ ميل/ ثانية ، ومع الأخذ فى الاعتبار ضخامة حجم المجرات ، فان هذه السرعات صارخة ، ومع ذلك فهناك دلائل على سرعات أعلى للمجرات الأكثر بعدا •

ولو كان آينشتين على علم بهذه الحقائق عام١٩١٧م لكان من الممكن أن يفكر فى نموذج متمدد للكون وليس ساكنا ، وأن ينظر للفراغ باعتباره ثلاثى الأبعاد على هيئة كرة آخذة فى الانتفاخ وليس سطحا كرويا • ذلك لأنه لو تصورنا أن المجرات كنقاط غير متمددة على سطح متمدد بانتظام ، فان فكرتنا عن التمددالمنتظم ستتمثل فى آنالنقاط تتباعد بنفس

الدرجة عن بعضها البعض . ولكننا سرعان ما نكتشف بأن هذا ليس هو الحال ، ولنأخذ الشكل التالى :



ولنتصور أن القوس قد تمدد بحيث يزداد بعد كل نقطة عن المجاورة بمقدار بوصة ، على الوجه التالى :



فرغم أن المسافة AB قد زادت بمقدار بوصة واحدة ، فان المسافة AC قد زادت بمقدار ثلاث بوصات ، وبذلك فان سرعة التباعد عنا تزداد بزيادة البعد ، كما أكدت مشاهدات هابل بالضبط .

ولكن فى عام ١٩١٧م كان العلماء يعتقدون بأن النجوم ليس لها سوى حركات نسبية صغيرة ، وهو ما ضلل آينشتين . ومع ذلك ، فلم يكن هو من ربط بين الشواهد الجديدة عن التباعد بين المجرات والأكوان التى وصفها فريدمان كنتيجة من معادلات آينشتين ، بل ولم يكن فريدمان نفسه . ففى عام ١٩٢٧م اقترح البلجيكى آبى جورج لاميتر Abbe Georgees Lamaitre ، ولم يكن على علم بأعمال فريدمان ، وبناء على

معادلات آينشتين كونا مبتدئا كما تصوره آينشتين ، يتمدد كما تصور فريدمان ، يؤول بعد زمن لا نهائي الى كون كما تصور دى سيتر • هذا العمل كان من الممكن أن يمر دون أن يلحظه أحد ، حيث نشر فى مجلة مغمورة ، لولا أن ايدنجتون اهتم به بشدة ، ونشره بعد ترجمته فى احدى المجلات البريطانية البارزة المتخصصة فى الفلك • وقد نشرته عام ١٩٣١م • والآن استقرت نظرية الكون المتمدد وحظيت أعمال فريدمان أخيرا بما تستحقه من تقدير •

لكم كان من المفيد أن تحتوى معادلات آينشتين على تصور دون متمدد ، ولكن المشاكل كانت كبيرة • وقد بين فريدمان أن المعادلات تسمح بعدد كبير من التصورات الكونية ، وفى الواقع فقد حول لاميتر تفضيله الى كون يبدأ بانفجار من نوية غاية فى الضآلة والتركيز بصورة يصعب تصورها ، وأسماها « النوية الأولية » : ولكن حلم آينشتين فى التناسق كان قد انهار ، ولم يكن سعيدا البتة وهو يرى كل هذه الحلول • وقد كان منذ البداية تقريبا • وشاركه فى ذلك دى سيتر ، يرى أن المعامل « لامدا » الذى أدخله يمثل شائبة فى التناسق الجمالى الذى كان ينشده • وكم حاول الكثير للتخلص منه ! • وكان قد لمح الى ذلك فى بحثه عام ١٩١٧م بقوله :

« وللتوصل الى هذه الفكرة المتكاملة كان علينا طواعية أن ندخل امتدادا لمعادلات المجال التجاذبى لا تقره معارفنا الفعلية عن الجاذبية ، ومع ذلك يتعين التأكيد على أن الانحناء الايجابى للفراغ هو أمر تؤكده نتائجنا حتى ولو لم يكن المعامل « لامدا » قد أدخل • ويصبح هذا المعامل ضروريا

فقط لجعل التوزيع شبه الثابت للمادة أمراً ممكناً ، كما تتطلبه حقيقة السرعة الصغيرة للنجوم » .

وحينما ثبت خطأ هذه « الحقيقة » ، فقد المعامل «لامدا» سبب وجوده ، وبالتخلص منه استعادت معادلاته جمالها ، وتقلص عدد الحلول الممكنة لأكوان فريدمان الى ثلاثة فقط ، واحداها فقط تمثل كوناً مغلقاً وبالتالي محدوداً ، وهو الكون الذي تعامل معه آينشتين في ١٩٣١م باعتباره النموذج الناضج لفكرته الوليدة عام ١٩١٧م . ويمكن النظر لهذا الكون المسمى بـ « الكون المتذبذب oscillating universe » ككون ينشأ من انفجار نوية أولية مركزة تتباطأ شظاياه تدريجياً بعد الانفجار بفعل الجاذبية ، لتعود متراجعة لتندمج في النوية المركزة مرة أخرى .

ومع غياب المعامل «لامدا» يصبح عمر الكون بليوناً من السنين (١٩) ، وهو زمن يتجاوز عمر الانسان على الأرض بكثير ، ولكنه لا يكفي ليغطي عمر الأرض ذاتها ، ولكن لا يمكن أن يكون الكون أقصر من ذلك عمراً .

أما لو احتفظنا بالمعامل المذكور ، كما فعل لاميتر ، فانه يكون بامكاننا أن نمد عمر الكون المفترض ، كما سيكون أمامنا طريق نسلكه للاقتراب من التقديرات الفلكية لمتوسط كثافة المادة ، ويجادل بعض من علماء الفلك بناء على ذلك في

---

(١٩) نثبت هنا الأرقام كما كانت آنذاك ، والفرق بين ذلك التقدير والتقدير الحالي (١٢ بليون سنة ـ المراجع) له قيمة تاريخية فقط ، ولا يتعارض مع المبدأ العام .

أهمية هذا المعامل ، ولكن آينشتين كان حازما . فمن وجهة نظره كان الجمال والبساطة المنطقية لهما الاعتبار الأسمى . كان يثق فى معادلاته الفلكية ، ولا يثق فى المشاهدات الفلكية المتعارضة معها ، وبالتالى فقد نظر اليه كمن تخطاه الزمن ، وهذه المرة على يد علماء الفلك الذين اعتقدوا أن احساسه بالجمال بشكله اللاواقعى أبعده كثيرا عن الحقيقة .

وفى عام ، ١٩٤٥م فى الطبعة الثانية من كتابه «معنى النسبية » كتب ملحقا أوجز فيه آراءه عن « علم الكون » ، وكان قد توصل قبل ذلك باثنى عشر عاما مع دى سيتر الى أن مسألة محدودية الكون كانت شيئا يترك تحديده للمشاهدة ، وفي الموجز نفسه ترك ذلك السؤال بلا جواب . ولكنه كان ثابتا على رفضه للمعامل « لامدا » ، ولم يقدم أى مبرر ، بل قال بصرامة :

« يجب أن يزيد عمر الكون بداهة على عمر القشرة الأرضية كما بينتها قياسات الاشعاع للمعادن المشعة ، ولما كان هذا التقدير موثوقا فيه ، فان النظريات الكونية التى تتعارض معه تصبح مرفوضة ، وفى هذه الحالة لا أجد حلا معقولا » .

بعدها بثلاث سنوات ، وجزئيا بسبب مشكلة عمر الكون ، اقترحت نظرية مثيرة لم يكن فيها للكون بداية أو نهاية ، ولكن يتحقق له الاستقرار بخلق المادة باستمرار ليعادل تمدده المستمر بلا نهايه .

ولكن قبل أن يكتب آينشتين ملحقه عام ١٩٤٥م كانت المشاهدات الفلكية قد اتخذت بالفعل خطوات جادة ، وفى ربع القرن التالى تحدد عمر الكون بعدة بلايين ، وأصبحت هذه المشكلة أقل حدة ، وفى السبعينيات مالت المشاهدات لجانب أن تكون قيمة المعامل « لامدا » صفرا ، وهو ما يقرب شكل الكون كثيرا للصورة الترددية البسيطة التى آثرها آينشتين عام ١٩٣١ م ، وينحو الكثيرون من علماء الكون منحى آينشتين فى اهمال المعامل « لامدا » ، ولكن هناك الكثيرون أيضا ممن يستهجنون ذلك ٠

ولو كان آينشتين حيا لنظر لهذه التطورات بشغف ، لقد كان ثابتا فى رفضه للمعامل « لامدا » فى أناة وصبر ، مؤمنا بأن حسه الجمالى سوف يكتب له الغلبة أخيرا ، ولنكن نحن أيضا فى مثل صبره ٠

ففى عام ١٩١٦م ، حتى قبل أن يبدأ مغامرته الكونية ، كان قد بدأ الاهتمام بأمواج الجاذبية ، وليس من المستغرب أن تضمن نظرية النسبية العامة ، وهى نظرية مجال ، وجود مثل هذه الموجات ٠ ولكن بحكم طبيعة النظرية كانت تلك الموجات هى موجات للفراغ ذاته ، تموجات فى انحناء الفراغ تنطلق بسرعة الضوء أو ، بمفهوم الأبعاد الأربعة ، تعرجات متجمدة فى الزمكان تلوح لنا كحركة بحكم انتقالنا نحن عبر الزمن ٠

من المحتمل أن عالم الفيزياء الأمريكى جوزيف ويبر Joseph Weber قد استشعر بالفعل هذه الموجات ، ولو تأكدت صحة نتائجه فان عمله يكون انجازا مدهشا ٠ فمن

ضمن أشياء أخرى سيمثل ذلك تأكيدا بصحة النظرية النسبية العامة ، أهم من أهم تأكيد ظهر للآن ٠

وأيا كانت النتائج ، فقد يذكرنا ذلك بماكسويل الذى لم يثبت تنبؤه بالموجات اللاسلكية الا بعد وفاته ٠

وقد لعبت موجاته دورا غير متوقع فيما يعــرف بالفلك اللاسلكى ، بعد طول اعتماد على المراصد البصرية ، ولســوف يبتعد بنا المقام كثيرا لو تحدثنا عن أشباه النجوم (الكوزارات quasars) والنابضات (البلسارات pulsars) والاكتشافات الأخرى التى نتجت عن استخدام الفلك اللاسلكى ، أو كيف أن الدقة فى القياسات بفضله قد غزت عالم النظرية النسبية العامة ٠

نحن لا نعلم ما يخبؤه المستقبل لنا ، ولــكن اكتشــاف البلسارات فى حد ذاته يؤكد التوقع النظرى لانفجار النجوم تحت ثقل جاذبيتها مخلفة وراءها النجــوم النيوترونيــة ، والتى تبلغ مثل الشمس كتلة ولكن لا تزيد أقطارها عن عدة أميال ٠ وكذا التنبؤ بانهيار أقسى يخلف وراءه ما يعــرف بالثقوب السوداء والتى تبلغ جاذبيتها من الشدة لدرجة حبس الضوء بداخلها (٢٠) ٠ فهــل الثقــوب السوداء موجــودة حقيقة أم أنهــا من اختــلاقات المعــادلات النسبية ؟ هــذا ما سيكشف عنه الزمن ٠ فالأبحاث على قدم وساق ٠

هذا على الأقل ما يمكن أن يقال : منذ السبعينيات، لأكثر من خمسين عاما من وضع النظرية النســبية العــامة ، لقــد تعرضت النظرية لاختبارات من كل نوع ، وأنها بعد عقــود من سبقها لزمانها تقع الآن في خضم الأبحاث الكونية ٠

---

(٢٠) يمكن الرجوع لكتاب « الدقائق الثلاث الأخيرة » من اصدارات الألف كتاب الثانى للمزيد عن دورة حياة النجوم ـ (المراجع) ٠

الفصل الثانى عشر

الموت مصير كل حى

مرة ثانية نتجاوز عن التسلسل الزمنى لنعود لمرحلة سابقة • فعند وصول آينشتين الى برنستون دخلت حياته مرحلتها الأخيرة ، وسوف نتحدث عما قريب عن أشياء متعلقة بالخريف ، بعضها يحمل بهجة تفتح مراحله المبكرة ، الا أن بعضها الآخر مشوب بالظلال القاتمة التى تأتى مع برد الشتاء •

ولندع كلمات الرجل تهيىء الموقف • نحن الآن فى عام ١٩١٨م المثقل بالحرب ، انحناء الضوء لما يتحقق بعد ، الشهرة العالمية لما تأت بعد ، والرجل سعيد فى عمله ، يوقره أقرانه من العلماء الا آن ما يعبر به عن ابتهاج تشوبه نغمة حزينة ، وهو يتحدث عن بلانك فى عيد ميلاده الستين ، ولكن كلماته تقول شيئا عنه هو ذاته :

« آشارك شوبنهاور الاعتقاد بأن أحد أقوى الدوافع التى تقود الناس نحو العلوم والفنون هو الهروب من الحياة اليومية بفظاظتها المؤلمة وشحها المقيت ، ومن متاعب الرغبات دائمة التقلب • تتوق النفس السوية الى الهروب من الحياة الشخصية الى عالم الادراك والفكر الموضوعى ، وتشبه هذه

الرغبة توق الانسان للهروب من ضوضاء المدينة الى قمم الجبال ، حيث تتجول العين بحرية خلال الهواء النقي الساكن، وتتبع بشغف المرئيات التى يبدو أنها خلقت للخلود ٠

ومع هذا الدافع السلبى يوجد آخر ايجابى ٠ فالانسان يحاول آن يصنع لنفسه و بالطريقة التى تناسبه صورة مبسطة ولماحة للعالم ، ثم يحاول الى حد ما أن يستبدل عالمه هذا بعالم التجربة ، وبذلك يتغلب عليه ٠ هذا ما يفعله الرسام والشاعر والفيلسوف المتأمل ، وكذا عالم الطبيعة ، كل بطريقته الخاصة ٠ وكل يجعل من هذا العالم وتراكيبه محورا لحياته العاطفية ، كيما يجد الأمن والسلام اللذين يفتقدهما فى مملكة التجارب الشخصية المتلاطمة ضيقة الأفق ٠

ان المهمة الأسمى لعالم الفيزياء هي التوصل لتلك القوانين الأولية الجامعة التى يمكن بها أن يبنى العالم من الاستنتاج المجرد ٠ وليس هناك طريق منطقى لتلك القوانين، ليس الا الحدس المبنى على التفهم المتعاطف يمكن أن يوصل لها ٠٠٠ التوق لتحقيق تناغم كوني هو مصدر ذلك الصبر الذى لا ينضب والمثابرة التي كرس بهما بلانك نفسه ٠٠٠ لأكثر المشاكل عمومية في العلم ٠ ان الحالة الذهنية التى تمكن من القيام بمثل هذه المهمة أشبه بتلك التى يكون عليها العابد أو العاشق ، فالمجهود اليومى لا يأتى من نظام صارم ، بل من القلب مباشرة » ٠

كتب آينشتين لصديق عام ١٩٢١م : « الاكتشافات فى صورها العظيمة هى للشباب ، ومن ثم فهى بالنسبة لى شيء من الماضى » ٠ وبرغم ذلك فلم يكن عاطلا خلال السنوات من ١٩١٧م الى ١٩٣١م ٠ ولقد عرفنا دوره في الظهور المدوى

لميكانيكا الكم ، والعزلة التى نتجت عن المعركة حول تفسيرها ٠ وفى عام١٩١٨م اقترح«هيرمان وايل Hermann Weyl » عالم الرياضيات الألمانى البارز ــ الذى كان وقتها أستاذا لمعهد البوليتكنيك بزيورخ ــ امتدادا للنظرية النسبية العامة بلغت من الذكاء وبساطة الطبيعة ما أهلها حظا أفضل من حظ سابقتها ٠ ذلك آنه بسبب الانحناء فى نموذج الزمكان الذى اقترحه آينشتين ، وما استتبعه من غياب الخطوط المستقيمة ، فقد لعبت الاتجاهات ألعابا غريبة ٠ ولتفهم تأثير الانحناء على الاتجاهات ، لننظر الى مسطح الأرض المنحنى ثنائى الأبعاد ، ولنتصور أن لدينا قاربين متباعدين يتحركان من خط الاستواء باتجاه الشمال ٠ من المفترض آنهما يتحركان فى خطوط متوازية منذ البداية، وفى مسارات مستقيمة لا تنحرف يمنة أو يسرة ، ولكنا سوف نجد بالتدريج أنهما يتقاربان ، وبسبب ذلك سوف نرفض أنهما يسيران متوازيين ٠

قد خطر على بال وايل أنه ــ لكى نظل فى تماثل مع سفينتنا ــ ليس فقط الاتجاهات ، بل وأيضا الحجوم تتغير أيضا كنتيجة للتحرك ، وان يكن بدون تغير فى الأشكال ، ومن ثم فقد أدخل مثل هذا التغير كتغير محتمل فى الزمكان المنحنى(٢١) ٠ وبذلك فقد أدخل تعديلا أساسيا فى تركيبته الهندسية ٠ ومن الممكن أن يكون انطباعنا الأول أنه لو أراد رياضى عظيم أن يتلاعب بمثل هذه الأفكار ، فان هذا امتياز له من حقه أن يمارسه كيفما شاء ٠ ولكنه كان يفكر بشكل آخر ، فقد بين أنه بامكانه بمثل هذه التركيبة الجديدة فى

(٢١) دونما أية علاقة بتقلص فيتزجيرالد ــ لورنتز ٠

الزمكان أن يربط وبطريقة طبيعية ، بين جاذبية آينشتين وبين كهرودينباميكا ماكسويل • وهــذا يثير اهتمامنا عــلى الفور ، لأن آينشتين عندما تعامل مع الجاذبية كانحناء لم يكن بامكانه اعطــاء الــكهرومغناطيسية دورا هندســيا أساسيا منــاظرا • ولــكن وايل بتغييراته فى الأطــوال جعل من الكهرومغناطيسية أيضــا أحد جوانب الهنــدسة أو الشريك الهندسى لمنحنى الجاذبية وبهذا توصل الى ما نسميه « نظرية المجال الموحد unified field » .

كانت نظرية وايل ، رياضيا وجماليا ، انجازا كبيرا • لكن آينشتين الفيزيائى بشكل أساسى ، سرعان ما اكتشــف وجه الخطأ فيها : وبالتحديد ، فانها تعنى أن أطول الأجسام تعتمد على ماضيها • ففى الزمكان ، يمــكن أن يعنى لفظ الأطوال أطوال الزمن كمــا يعنى أطوال الفراغ • وذرات العناصر تشع ضوءا يعبر تردده عن أطوال ثابتة فى الزمن ، بدليل وجود خطوط طيف محددة تماما لكل ذرة عنصر • ولو كانت للذرات أطوال زمنية تعتمد على ماضيها ، لما كان لكل ذرة عنصر مثل هذا الطيف المحدد • ويستتبع ذلك أنه ليس لنا أن نتلاعب بالأطوال بالطريقة التى اقترحها وايل • هكذا كانت حجة آينشتين فى مواجهة نظرية وايل ، أستاذ فيزيائى ضليع يمارس دوره ، فيدرك بحسه الغريزى القضية المحورية فى الموضوع • ولكنها تترك شيئا دفينا • واليك مقتطفا من خطابه لوايل ، يبين فيه وجه اعتراضه :

« هل يمكن اتهام الرب العظيم بعدم التناسق فى خلقــه لو فوت الفرصة التى اكتشفتها أنت لتحقيق التناسق والتناغم فى العالم الفيزيائى ؟ لا أعتقد ذلك ، فلو كان الله قد خلق

الكون تبعا لخطئك لخاطبته معاتبا : «مولاى ، لو لم يكن فى قدرة جلالك أن تعطى معنى موضـوعياً للأحجـام الثابتـة للأشياء ، لمـاذا يا من تتعـالى على الفهـم احتفظت لهـا باشكالها ؟ » .

وهنا حقيقة نرى أستاذاً فيزيقيا ضليعا يمارس دوره .

وعلى مضض سحب وايل نظريته عن مملكة الجاذبيـة ، مكتفيا بدور لها فى التظـرية الكميـة ، حيث فى نطاقهـا ترابطت بشكل طبيعى مع الكهرومغناطيسية . فى تلك الفترة لم يكن معروفا سوى قوتين أساسيتين فى الطبيعة ، الجاذبيـة والكهرومغناطيسية ، وقد بين وايل أن التعامل مع احداها على انفراد دون الثانية هو أحد الخصائص الدقيقة للهندسة الكونية . وكان البحث جاريا عن نوع جديد من الهندسـة يمكن أن يستوعب الاثنين بشكل مرض ، وهو ما شغل آينشتين حتى آخر أيامه . واذا ما تكلمنا عن بعض تلك النظـريات لتوحيد المجال التى اقترحها هو أو آخرون ، فما ذلك الا لأنها تكشف عن نسق موحد رغم اختلافها . أما بالنسبة لوايل فقد عين أستاذاً فى جوتنجن ، ولكنه غادر البـلاد للولايات المتحدة عند استيلاء النازى على السـلطة ، وأصـبح زميلا لآينشتين فى برنستون .

وقد وضع ايدنجتون نظرية موحدة مشابهة لنظـرية وايل ، ولكنها أكثر عمومية . فعلى مستوى كـونى ، حينما نقوم برحلة بأقصر الطرق ، نجد أنفسنا نتحرك على المسارات المستقيمة التى تتيحها انحناءات السطح . هذه الرابطة بين أقصر الطرق وبين استقامة المسارات ، احتفظ بها آينشتين فى زمكانه المنحنى ، هى ما انقطع فى نظرية وايل ، وظلت منقطعة فى نظرية ايدنجتون التى أعلن عنها عام ١٩٢١م .

وفى نفس العام اتخذ « ت · كالوزا T. Kaluza » مسارا مختلفا · فبادخال بعد خامس تمكن من اعادة كتابة معادلات آينشتين بلا تغيير ، ولكن بخمسة أبعاد بدلا من أربعة ، واستوعبت الجاذبية والكهرومغناطيسية دون ضجة ·

وفى عام ١٩٢٤م طور آينشتين عمل ايدنجتون ، ولكنه سرعان ما أصبح غير راض عما حققه · وفى ١٩٢٥م وضع نظرية آخرى تحمس لها ، وكتب فى الفقرة التمهيدية : « بعد بحث مضن خلال العامين الماضيين أعتقد أنني الآن قد توصلت للحل الصحيح » وقد استندت نظريته فى معظمها على المصادفة الرياضية التالية : فى احدى الطرائق المعتادة لوصف الكهرومغناطيسية تستخدم ست كميات مجالية ، وقد حقق الموتر (التنسور) المترى guv تناسقا معينا ، وبالغاء هذا التناسق سوف يحتوى تلقائيا على ست عشرة كمية مجالية وليس عشرة فقط ، وباستخدام عشرة تراكيب منها للجاذبية يتبقى لنا ستة فقط ، وهو بالضبط المطلوب لتمثيل الكهرومغناطيسية · وهذه الفكرة لآينشتين جديرة بالتذكر فى ضوء التطورات اللاحقة ·

ننتقل الآن لعام ١٩٢٨م وهو عام وفاة لورنتز ، الذى كان يحظى من آينشتين باحترام وتوقير كبيرين · وقد قال فى رثائه على قبره : « ليس فقط عبقريا ، وانما (أعظم وأنبل رجال عصرنا » ، وهو الذى شكل حياته كعمل فني رائع الى أدق تفاصيله » · ولما كانت هذه الكلمات صادرة ممن لا يجيد تنميق الخطب ، فقد كانت صادرة من القلب · وقد كتب بعدها بسنوات :

..... « كل ما صدر من هذا العقل الفذ كان جميلا ورائعا كفن راق . واذا كنا نحن الشباب قد عرفنا لورنتز كعقل سام يتضاعف اعجابنا به واحترامنا له بشكل فريد ، فان احساسى شخصيا كان أكثر من ذلك ، لقد كان يعنى بالنسبة لى شخصيا أكثر من كل من قابلتهم فى حياتى » .

وقد كتب ذلك عام ١٩٥٣م ، أى بعد ربع قرن من وفاته .

وفى نفس العام وكما قدمنا كان طريح الفراش لمرض ألم به ، ولكنه واصل العمل ، فقد كان فيه دواؤه ، بل وحياته ذاتها . وكان قد تخلى عن نظريته عن المجال الموحد لعام ١٩٢٥ ، برغم حماسه لها فى البداية . وكان منكبا على نظرية كالوزا ببعدها الخامس المحير ، والذى لم يكن له نظير طبيعى ، وعندئذ استقر لمدخل جديد للنظرية ، وكانت النظرية الجديدة التى تضمنت ما أسماه « التوازى عن بعد » بشكل ما على عكس نظرية وايل . ونتذكر أن وايل ، عند اختلال التوازى ، قرر أن يخل بالأطوال أيضا . على العكس من ذلك ، عندما وجد آينشتين الأطوال لا تختل ، قرر فى المقابل ادخال تواز لا يختل . وكانت الفكرة أن يفعل ذلك دون التخلى عن انحناء الزمكان . وفى بدايات عام ١٩٢٩ م كان قد تمكن من حل المشاكل الرئيسية التى يتضمنها كتابه معادلات المجال للنظرية الجديدة للمجال الموحد . وفى يوم النشر الرسمى للمقال الثالث من سلسلة فنية رائعة من تسع مقالات عن النظرية ، والتى كانت غير مفهومة الا للمتخصصين ، كانت الأخبار المثيرة تلف العالم ، لدرجة أن جريدة من نيويورك قد حققت خبطة صحفية بالحصول على المقال برقيا

من برلين ، لتنشر ترجمته كاملة بما فيها من معادلات ، وفى ذلك المناخ غير العلمى احتفت الصحافة بالنظرية الجديدة باعتبارها تقدما علميا بارزا ، رغم أن آينشتين ذكر فى مقاله أنها مازالت مبدئية • وسرعان ما تبين له أن عليه أن يتخلى عنها •

بنهاية عام ١٩٣٠م أرسل هو ومعاونه ماير للنشر نظرية مختلفة تماما • مصممة للحفاظ على جوهر فكرة كالوزا الخماسية الأبعاد ، مع البقاء فى حدود أربعة أبعاد فقط • وحتى هذه المحاولة تخلى عنها فيما بعد • وعندما وصل لمعهد الدراسات المتقدمة عام ١٩٣٣م ، كان الاثنان لا يزالان يبحثان عن هيكل هندسى يصلح للاستخدام فى التوحد •

تحدثنا فيما سبق عن نسق بين نظريات المجال الموحد ، فما هو هذا النسق؟ فيم اشتركت هذه النظريات؟ بل علينا أن نتساءل ، ما الذى غاب عنها جميعا ؟ فى بحثه الأولى عن النظرية العامة للنسبية كان آينشتين يسير على هدى من مبدأ التعادلية الذى وضعه ، وربط فيه بين الجاذبية والعجلة ، فاين المبادىء المماثلة التى قادت خطواته فى بناء نظرية المجال الموحد ؟ لم يكن يعلم ذلك ، حتى آينشتين نفسه ، ولذا فلم يكن البحث بحثا بقدر ما كان تخبطا فى غياهب الأدغال الرياضية ، بهدى من ضوء خافت من الحدس الفيزيائى •

اعتقد آينشتين فى معظم سنوات برينستون أنه قد توصل أخيرا للتوحد الذى طال بحثه عنه ، لكنه وجد بالمزيد من حساباته أن معادلاته لها تداعيات غير مقبولة • ولم يفت ذلك فى عضده ، ويعطينا ارنست شتروس الذى زامله فى معهد الدراسات المتقدمة هذه الصورة النابضة :

« كانت النظـرية الأولى التى نعمل عليهـا منـذ جئت للعمل كمساعد قد سبق له العمل عليها منفردا طيلة العـام السابق ، ثم واصلنا العمل عليها سويا لتسعة أشهر تالية ، وفى احدى الليالى وجدت بضعة حلول لمعادلات المجـال ، ثم ظهر فى اليوم التالى أنها تبين آن النظرية ليست لها دلالات فيزيائية • وظللنا نقلب الأمر طيلة النهار ، ولكن الخلاصة كانت كما هى • وغادرنا مبكرين قبل الموعد بنصف ساعة ، وكنت محبطا بالفعل ، وكنت أتساءل : اذا كان هذا شعور من يعمل بالمعول ازاء انهيار الصرح ، فماذا يكون شـعور من صممه ؟ ولكن في الصباح رأيتــه يدخـل متهللا ، قائلا فى حماس : « آتعلم ، لقد ظللت طوال الليل أفكر ، وبدا لى أن الحل هو فى ••• » ، وكانت بداية جديدة لنظرية استغرقت نصف عام آخر ، ولقيت نفس مصير سابقتها ، وأيضا لم تحظ مثلها بأى حزن عليها » • ويحكى شتراوس أيضـا عن أنه « حينما تقابله خصيصة مرضية كان غالبا ما يهتف متهللا : « انها من البساطة بحيث لا يمكن آن تفوت على الرب » » •

ولفترة كان البحث عن نظرية للمجال الموحد موجـة ركبها الكثيرون ، مشهورين ومغمورين ، أخرجوا كما هائلا من النظريات الهندسية المتضاربة ، وعندما هدأت الضجة ، واصل هو العمل ، ولكنه لم يجد أى دليل من الطبيعة ، أو الهام سحرى ، وبسبب ذلك بدأ الكثيرون من علماء الطبيعة فى النظر الى اصراره فى البحث باستهانة خفية • لكنه ظل ينظر الى تلك السنوات العشر من العمل الدءوبالمجدب نفس نظرته الى الفترة التى أنتج فيها نظريتيــه النســبيتين ، الخاصـة والعامة • وفى بحثـه عن معادلات المجـال المـوحد كان كل

ما ارتكز عليه هو خبرة عمره التى لا تقارن ، وقناعته الراسخة بوجوب وجود هذه النظرية ، حيث انه كما يقول أصحاب الأديان الموحدة ، ان الرب واحد • كان هذا دافعا كافيا له لمواصلة الطريق على مدى ثلاثين عاما من اخناق الى اخفاق • صحيح أنه لم يكن قادرا على مواكبة ما يجد فى الفيزياء من تطورات ، وصحيح كان الهامه يخبو ، وصحيح لم تعد الأفكار تأتيه بغزارة أيام الشباب ، ولكن كانت تأتيه على آية حال ، وكان بحثه عن المجال الموحد معبرا تماما عن اصراره وعزمه الذى لا يلين ، والذى تعامل به مع كل أفكاره طيلة حياته •

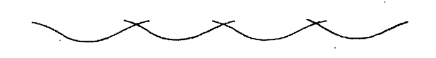
وفى عام ١٩٣٦م دهمه الحزن لوفاة مارسيل جروسمان الذى لولاه لما قدر لعبقرية آينشتين أن تزدهر ، انقطعت الصلات بالماضى ، وهدأت الضجة حول النظرية النسبية العامة منذ وقت طويل ، وفى الدوائر العلمية كانت فى حالة خسوف، ورغم ذلك فقد واصل العمل• وفى ١٩٣٧م، وبمشاركة مع العالم البولندى « ليوبولد انفلد Leopold Infeld »ومؤلف هذا الكتاب قدمنا بحثا للنشر عن اكتشاف كبير ، هو أحد تداعيات النظرية النسبية العامة ، التى زادت من جمالها غير العادى وكشفت عن تفردها بين النظريات ، وهو كشف توصل اليه فى العام التالى ، بطريقة مخالفة استلزمت فروضا اضافية للمادة ، العالم الروسى «فلاديمير فوك Vladimir Fock » • وفى حالة آينشتين كان للكشف جذور عميقة فى أعماله السابقة منذ عشر سنوات مع جى جرومر ، لكن بعد أن اختمرت الفكرة الآن وزادت نضوجا • كانت الحسابات الجديدة شديدة الكثافة والتعقيد بحيث لا يمكن أن نتعرض الا لاطارها

العام ، وهى مودعة فى مكتبة معهد الدراسات المتقدمة ، ويمكن للمتخصصين الرجوع اليها ، لكن جوهر العمل يسهل وصفه ٠

تحد معادلات مجال الجاذبية من صور انحناء الزمكان، فبعض أنواع الانحناءات مسموح بها ، والبعض الآخر لا ٠ وفى تشبيه تقريبى نقول ان الورقة يمكن أن تطوى فى أشكال كثيرة ، ولكنها لا يمكن أن تنفخ ٠ ولننظر الآن جسما فلكيا وحيدا ، عندئذ يأخذ شكل الفراغ المنحنى ، الشكل التالى مثلا :



وفى حالة عدد من الأجسام ، فانها تأخذ الشكل التالى :



ولكن ، من الواضح أنه يجب علينا أن نسوى التقاطعات كى تندمج الأشكال معا ، وذلك على الوجه التالى :



كيف يمكن ايجاد الطريقة الصحيحة ليكون الاندماج سلسا ؟ نعود الى معادلات المجال ، ولكنها أكثر صرامة مما نتوقع ، فهى تسمح بالاندماج السلس اذا كان الخط الكونى World line للأجسام يتحرك وفقا لقواعد معينة ، أو بلغة أبسط عندما تتحرك الأجسام فقط بطرائق محددة تماما ·

وما تلك الطرائق ؟ ربما يخمن القارىء أنها فى الأساس الطرائق التى تسمح بها نظرية الجاذبية لنيوتن ، ليس هذا دقيقا ، هناك اختلافات تبين الفوارق بين نظريات الجاذبية لنيوتن ومثيلاتها لآينشتين ·

من الواضح آنها نتيجة هامة ، ولكن اذا توقفنا عند هذه النقطة فتستفوتنا الدلالة الأكثر عمقا · لنظرية نيوتن جزءان متميزان ، قانون الجاذبية وقوانين الحركة ، وكذا تنقسم معادلات ماكسويل الى معادلات المجال ومعادلات الحركة لنيوتن ، وبينها وسيط يسمى « قوة لورنتز » ، وكانت نظرية آينشتين منقسمة فى ذلك الوقت قسمين ، معدلات مجال الجاذبية وقاعدة « أقصر المسافات » للحركات الكوكبية ، قاعدة مساعدة تعتبر أن الكواكب هى جسيمات ليست بذاتها ذات انحناء زمكانى تجاذبى · ولكننا الآن يمكن أن نرى أن نظرية آينشتين ليست مقسمة بهذا الشكل فى الحقيقة ، فمعادلات المجالات التجاذبية تحكم الحركة ليس للجسيمات فقط ، بل للأجرام التى لها انحناءات فراغية بذاتها · لم تكن معادلات المجال بحاجة لقواعد تكميلية ، فقد كانت ذاتية الاكتفاء · لقد أصبح هيكل النظرية أكثر اقتصادا فى القوانين ، ومن ثم أكثر بساطة وأكثر فنا مما تصور آينشتين حين وضعها منذ قرابة ربع قرن ·

ماذا لو وضعنا معادلات المجال ومعادلات ماكسويل فى بناء تركيبى من النظرية النسبية العامة ؟ عندئذ يعمل سحر آينشتين الحركى بصورة أقوى ، حيث انه من المعادلات الذاتية الاكتفاء ستظهر قوة لورنتز تلقائيا مع الحركة ، وليس كدخيل فيها ٠

خلال مسار هذه المعادلات المعقدة كانت هناك مفاجآت غير سارة ، حينما لا تسير الأمور كما يكون متوقعا ٠ وفى بعض الآحايين كان الموقف يبدو ميئوسا منه ، فيصاب معاونو آينشتين بالاحباط ، لكن شجاعته هو لم تخنه قط ، وكذا قدرته على الابتكار ٠ كان يعمل فى حل هذه المعضلة لأكثر من عشر سنوات ، وكان كل اخفاق لا يعدو اخفاقا عارضا ، وليس هزيمة مريرة ٠ وكان يكرر على مسامع مساعديه المحيطين أنه اذا كان العالم قد انتظر كل هذه السنوات من أجل أن تثمر هذه الفكرة ، فلن يضيره أن ينتظر بعض شهور أخرى ٠ واذا فشلت الفكرة فى النهاية فليس ذلك بالمأساة ، طالما أنه بذل كل المستطاع من الجهد ٠

بالنظر للأبعاد الثلاثة للفراغ ، فان الأمر يتطلب معادلات ثلاثا لحركة الأجسام ، لكن معادلات المجال ذاتية الاكتفاء ، ولأنها رباعية الأبعاد لابد أن تعطى أربع معادلات للجسم الواحد ٠ وبالنسبة لمعاونى آينشتين كان ذلك يمثل تهديدا رئيسيا لنجاح المشروع ، ولكن لم يكن كذلك بالنسبة لآينشتين ، على العكس ، لقد وجد فيه امكانات هائلة : فالمعادلة الرابعة يمكن ألا تسمح الا بمسارات معينة على غرار ما فعل بوهر من قبل ٠ تخيل المفارقة ، بعد المعركة مع بوهر ، لو اتضح أن نظريته الكمية وما لها من تأثيرات

محتواة فى النظرية النسبية العامة لآينشتين . ولكن للأسف لم يتم ذلك ، اذ لم تضع المعادلة الرابعة أية قيود . لكن هذا الأمل الذى لم يتحقق يكشف عن اصرار وعمق تصميم آينشتين على التوحد الفيزيائى .

أحيانا ما كان يصل العمل الى طريق مسدود ، وفى هذه الحالات ، وعندما تفشل المناقشات الحامية فى كسر الجمود ، يتدخل آينشتين قائلا بانجليزية ذات لكنة متميزة : « لسوف أفكر قليلا » ، ثم يبدأ فى التحرك قائما أو قاعدا ، أو يدور حول نفسه ، وفى كل هذه الأحوال يلف خصلة من شعره حول اصبعه ، وترتسم على وجهه نظرة حالمة ترنو لبعيد . لم تكن تبدو عليه آية علامات للانفعال أو الضغط ، لا أثر للمناقشات الحامية التى ثارت منذ لحظات . ليس سوى انسحاب الى سلام داخلى ، ذاك هو آينشتين يعمل فى قمة عبقريته ، وتمضى الدقائق ، ثم فجأة يعود الى عالم الواقع ، وعلى وجهه ابتسامة ، وعلى شفتيه حل المعضلة مع المنطق الذى أوصله لحلها .

وفى ٢٠ ديسمبر من عام ١٩٣٦م ، بعد ثلاث سنوات من مغادرة أوربا ، توفيت زوجته الزا ، وفى خضم هذا الحزن انكب على العمل ، قائلا انه قد أصبح أكثر احتياجا له من أى وقت مضى . كانت فى البداية محاولات للتركيز تدعو للرثاء ، ولكنه عرف الحزن من قبل ، وعلم أن العمل هو الترياق السحرى لمواجهته .

قبل اندلاع الحرب الثانية بزمن طويل ، قام آينشتين ، مثل بوهر وغيره من الرجال ، ببذل كل جهده لمعاونة الراغبين فى الفرار من النازية . وكانت زوجته نشطة فى هذا المجال أيضا . ولعازف الكمان بوريس شوارتز قصة

مثيرة بهذا الخصوص • كانت البيروقراطية تعمل بشكل أشد تعقيدا من آن يفصل فى هذا الكتاب • كان شوارتز وأبواه قد ولدوا فى روسيا ، ثم تحولوا للجنسية الألمانية • ولكن النازيين عندما وصلوا للسلطة ألغوا تلك الجنسية ، ألم يكونوا يهودا ؟ وقد أدى ذلك الى أن يصبحوا بلا جنسية ، ومن ثم فقد كانوا أقل تعرضا للعسف من المواطنين من اليهود • لم يكن مسموحا لهم اقامة الحفلات الا للجماعات اليهودية ، ولكنهم أعطوا جوازات سفر بلا جنسية تتيح لهم السفر للخارج ، طالما نجحوا فى الحصول على تأشيرة • وهكذا سمح لهم بأن يكسبوا قوتهم باقامة الحفلات فى الخارج •

ولكن أصبح من الواضح وبشكل متزايد أن مستقبلهم فى ألمانيا تحفه المخاطر ، وفى محاولة يائسة قاموا بالاتصال براعى الكنيسة الأمريكية فى برلين ، الذى كتب لعائلة آينشتين • وسرعان ما تلقت عائلة شوارتز ردا حارا من « الزا برتى » ، وهو اسم حركى ليس فيه ذكر لآينشتين • وتلته خطابات آخرى ، رغم أن الزا كانت قد بدأت رحلتها مع المرض •

فى ذلك الوقت كان آينشتين يستخدم نفوذه ، وفى بدايات عام ١٩٣٦م تسلم بوريس شوارتز اشعارا غير متوقع من سفارة الولايات المتحدة ببرلين ، بوجود تصريح بدخول الولايات المتحدة •

كان الطلب على هذه التصاريح شديدا ، وكان على آينشتين آن يستخدم كافة جهوده للحصول عليه ، ومن ثم فقد كتب على نفسه تعهدا بألا يكون شوارتز عند حضوره عبئا على الدولة ، مقدما دخله كضمان لذلك • ولكن فى حالة عدم

وجود قرابة يكون هذا التعهد غير كاف ، ولذا حث آينشتين أحد رجال الأعمال على تدعيمه بتعهد مماثل . ورغم ذلك فلم تكن المسألة سهلة . كان على بوريس أن يقدم دليلا على معرفته بآينشتين ، وكان الوقت حرجا والشروط صارمة . ولحسن الحظ كان الدليل موجودا ، فقد أبرز بوريس الصورة التى تجمعه ووالده مع آينشتين وهم يعزفون الموسيقى ، وحصل بالفعل على التأشيرة التى مكنته من دخول الولايات المتحدة . وكان سهلا بعد ذلك أن تلحق به بقية الأسرة . وكان آينشتين قد قام باتصالاته بالفعل لضمان مورد رزق لهم .

عرضنا لهذه القصة بالتفصيل ، لكى نبين جهود آينشتين فى انقاذ من يمكنه انقاذهم من براثن النازيين . كان يكتب التعهدات بلا اكتراث ، لأصدقاء وغير أصدقاء . ومما لا شك فيه أن الكثيرين مدينون بحياتهم لجهوده .

ورغم أن قصة « انفلد » لا تندرج تحت هذا الاطار ، الا أنها مرتبطة بنفس السياق . فرغم كونه فيزيائيا موهوبا ، وما حققه من انجازات ، وبرغم مجهودات آينشتين، الا أنه لم يتمكن من الحصول على وظيفة مناسبة . وعلى ذلك فقد أشركه آينشتين معه فى تأليف كتاب « تطور الفيزياء » الذى كان له صدى واسع ، ولا شك فى أنه كان له أثر فى حصول انفلد على وظيفة مرموقة فى كندا .

تحدثنا من قبل عن خطاب آينشتين المؤرخ ٢ ديسمبر ١٩٣٩م الى روزفلت، محذرا من احتمالات قنبلة اليورانيوم ، وبعدها بأسبوع نجده يكتب بجد لشرودنجر ، عن القنبلة أيضا ؟ لا ، بل عن مشكلة كانت تؤرقه ، هى تفسير ميكانيكا

الكم ، وبعد تهنئته على مثال القطة السابق ذكره ، نجده يتحدث عن « الصوفى » ، يقصد بوهر ، الذى يمنع ، بحجة أن ذلك ليس علميا ، البحث عن شيء موجود على استقلال ، بصرف النظر عن كونه مرئيا أم لا ، وهو التساؤل عن كون القطة حية أو ميتة فى لحظة معينة قبل أن تصبح مرئية .
وكرر آينشتين مرتين خلال خطابه أنه « مقتنع تماما كما كان دائما » بأن ميكانيكا الكم لا تعطى الحقيقة كاملة . وقبل نهاية رسالته ترد هذه الفقرة ، ويبدو أنها لا تشير فقط لهذه المشكلة ، ولكن أيضا لنظرية المجال الموحد ، ويقول فيها : « أكتب هذا اليك » ، ولنتذكر أنه يكتب لأخلص معاونيه ، « بلا أدنى شك فى اقتناعك ، ولكن بغرض وحيد ، هو أن أمكنك من فهم وجهة نظرى التى أوصلتنى الى وحدة عميقة» .

بعد ذلك بثلاثة أيام ، كتب للملكة الأم فى بلجيكا . هل عن اليورانيوم ؟ لا ، بل عن الأيام الخوالى فى أوربا ، ومباهج الصيف من ركوب الزوارق وعزف الموسيقى ومزايا الوحدة .

وفى عام ١٩٣٥م توجه آل آينشتين الى برمودا لاعادة الدخول بتأشيرات دخول دائمة ، وفى٢٢ يونيو١٩٤٠م، بعد فترة خمس السنوات الضرورية ، أدى آينشتين وابنته مارجو وسكرتيرته امتحان الحصول على الجنسية الأمريكية ، وفى أول أكتوبر منح ثلاثتهم الجنسية ؛ وكان مستقبل المدنية يبدو مظلما تحوطه الشكوك ، فى خضم معركة بريطانيا الجوية ، وبعد أسابيع من استسلام فرنسا . وكان ذلك فى نفس يوم امتحان الحصول على الجنسية . وبعد عام ، غزا النازيون روسيا ، وبدا كما لو كان النصر سيكون حليفهم . ولكن ، وكما نعلم ، كان المد قد تحول للانحسار . ومن

المناسب آن نتحدث هنا عن نظرية مجهولة وغير صائبة ، وضعها آينشتين بعد ذلك بثلاث سنوات ·

فى ذلك الوقت كانت الحرب قد قاربت نهايتها · وفى ٦ يونيو ١٩٤٤م ، وبينما هاجم الروس الشرق ، عبر الحلفاء القنال الانجليزى الى نورماندى ، وكانت بداية الانهيار لحلم هتلر فى استعباد العالم · وبحلول نوفمبر كانت الجيوش الألمانية فى موقف خطير وهى تنسحب على الجبهتين · عندئذ ، وفى ٦ ديسمبر من نفس العام ، شن الألمان هجوما مضادا مباغتا للغرب ، اخترقوا فيه خطوط الحلفاء ، وهو ما أصبح يعرف ب « معركة الأردين » · عند سماع آينشتين لهذه الأنباء تملكه القلق ، وقد فكر فى الأمر كما يلى : كل الدلائل تشير الى أن الألمان قد خسروا الحرب ، فلم يجازفون بشن هذا الهجوم الذى لن يجنوا من جرائه سوى المزيد من الخسائر ؟ لابد أن لديهم أسبابا وجيهة لذلك ، وتوقع أن يكون السبب هو حصولهم على ما كان يطلق عليه « قنبلة الاشعاعات » ، وأنهم كانوا يضحون بهذه الأرواح كسبا للوقت لاستخدامها · لم يكن يعلم آنذاك أن الهجوم لم يكن الا قرارا يائسا من هتلر شخصيا ·

واستنتج آينشتين من فشل الهجوم أن النازيين لم يحصلوا على القنبلة ، ولكن خطر قنبلة أمريكية كان قائما · وعندما ألقيت بالفعل على هيروشيما ، تحققت أسوأ مخاوفه · كان الخوف من القنبلة ، سواء فى أيدى الديمقراطية أو الدكتاتورية ، يجثم ثقيلا على ضميره ، ليس لأنه حث روزفلت فى عام ١٩٣٩م على انتاجها خوفا من سبق النازيين فى ذلك ، وليس بسبب أنه بكل حسن نية

وضع المعادلة الشهيرة ط = ك×جـ٢ ، لا ، ليس لهذه الأسباب ، ولكن لشعوره بأنه شخص يحظى بمثل ما يحظى به من وضع ، وبالتالى فان عليه التزاما أخلاقيا باستخدام نفوذه الى أقصى مداه لمحاولة انقاذ الجنس البشرى من الويلات التى لم يكن العالم ، رغم هيروشيما ونجازاكى ، ملما بها تماما .

وحيث أمكنه ، وكانت فرصه كثيرة بحكم كونه شخصا عالميا ، كان يحذر بكل ما وسعه من المخاطر المرتقبة ، ويدعو بحرارة لحكومة عالمية . وعندما تجمع علماء الذرة لتكوين لجنة (طوارىء) ، طلبوا منه أن يرأسها ، باعتبار أنه أشهرهم جميعا ، رغم رفضهم لأفكاره عن ميكانيكا الكم وأبحاثه عن المجال الموحد . وقد قبل بلا تردد ، وكان ذلك راجعا لحاجتهم لاهتمام الرأى العام والشخصيات البارزة ، وللأموال لتنفيذ واجباتهم الاعلامية الهائلة لنشر الادراك بين الناس لأشياء مبدئية ، منها أن أمريكا ليست لها القدرة على احتكار أسرار القنبلة الذرية ، وأن الآخرين لابد واصلون لها . وأن الهيكل السياسى الحالى للعالم قد تخطاه الزمن . وبفضل أسم آينشتين السحرى تمكن من الدعوة للدعم المالى واضفاء وضعية متميزة جذبت الانتباه .

فى مثل هذه النشاطات ألقى بنفسه ، ونادى بحماس لانشاء قوة عسكرية دولية لحفظ السلام بين الدول ، وكانت هذه الفكرة فى نظر الكثيرين أملا بعيد التحقيق . وقد سبق اقتراحها فى ظروف أقل خطورة ، ولكن بلا جدوى ، فما فرص نجاحها الآن ، حتى فى ظل احتمالات الفناء هذه ؟ لقد كان مقتنعا بأنه بدون هذا الشكل من السلطة فلا أمل للبشرية .

وبالاضافة لذلك ، فقد كانت تحت هذه المجهودات التى لا تفتر فى التحذير من الكارثة اذا ما ظل العالم منقسما على نفسه ، أشباحا لا تهدأ • فآينشتين الذى دعا بحرارة الى التعايش وتسوية الخلافات فى أعقاب الحرب الأولى ، والذى ضاق ذرعا بأولئك الذين ظلوا متمسكين بالمرارة حيال أعدائهم ، هو نفس الرجل ــ ولكن آينشتين آخر ــ الذى لم يغفر أبدا للألمان ما ارتكبوه من فظائع ضد اليهود ، وحتى فى عام ١٩٣٣م ، عندما استقال من الأكاديمية البروسية التى وجهت اليه اتهامات كاذبة ، كتب لبلانك :

« خلال هذه السنوات قد شرفت وعززت من مكانة ألمانيا ولم أسمح لنفسى بالانسياق فى الهجوم الذى تعرضت له ، خصوصا فى السنوات الأخيرة عندما لم يعن أحد بالدفاع عنى • أما الآن ، فان ما يتعرض له رفاقى من اليهود من حرب ابادة (تذكر أن ذلك كان فى عام ١٩٣٣م) تجبرنى على استخدام كل ما أملك من نفوذ بالنيابة عنهم أمام العالم » •

وعندما دعى فى ١٩٤٦م للعودة للانضمام للأكاديمية البافارية رفض قائلا : «لقد ارتكب الألمان مذابح ضد اخوتى من اليهود ، ولن تكون لى بهم علاقة على الاطلاق » • وفى ١٩٤٩م عندما طلب منه اعادة الرابطة بمعهدالقيصر ويلهلم الذى تغير اسمه الى معهد بلانك ، رفض أيضا قائلا :

« ان الجرائم الألمانية هى بحق أكثر الجرائم فظاعة فى تاريخ الأمم ، ولقد كان تصرف المثقفين الألمان بشكل جماعى ليس بأفضل من تصرف العوام ، وحتى الآن ليس هناك أدنى دليل على الأسف أو رغبة حقيقية فى اصلاح ما تخلف عن هذه الجرائم المهولة • وعلى ضوء هذه الظروف أجد فى نفسى

عزوفا عن المشاركة فى آى شىء يمثل وجها من أوجه الحياة العامة فى ألمانيا » ٠

وفى عام ١٩٥١م ، وبعد أن رفض بحزم دعوات أخرى، رفض آيضا آن ينضم الى قسم السلام فى المنظمة البروسية وكتب :

« بسبب الجرائم الجماعية التى ارتكبها الألمان فى حق الشعب اليهودى ، فمن الواضح أنه لا يمكن ليهودى يحترم نفسه أن يرتبط بأى شكل بأية منظمة ألمانية رسمية » ٠

ولم يلن موقفه هذا حتى نهاية حياته ٠

ولكن رغم أن جزءا منه كان متأثرا بالماضى ، وتنتابه الهواجس حول مصير البشرية فى العصر الذرى ، فقد ظل مستمتعا بحياته وقانعا بها ، وعلى سلام داخلى مع نفسه ، مع صراعه فى ايجاد نظرية للمجال الموحد ٠ وقد سبق لنا عرض بعض مجهوداته ، ولكى نورد هنا بعضا آخر نحكى عن نظرية نشر عنها بحثا فى عام ١٩٤٥م ، ظل منكبا عليها يتناولها بالتعديلات طيلة السنوات المتبقية من حياته ٠ كانت شقيقة لنظريته عام ١٩٢٥م ذات المعامل $g_{\mu\nu}$ غير المتماثل ، ذى الست عشرة كمية ، عشر منها للجاذبية وست للكهرومغناطيسية، وعلى ذلك فقد كانت كلماته وقتها تحمل شيئا من النبوءة حينما هتف قائلا : « أعتقد أننى وجدت الحل الصحيح » ٠

ليس من الممكن تبسيط هذه النظرية النهائية ، وليس من شكل تصورى يمكن آن يساعدنا ، فهى قمة فى التركيز

الرياضى • وعلى مدى السنوات وخلال عمله منفردا أو
بمعاونة الآخرين تغلب آينشتين على الكثير من الصعاب ،
ولكن ليجد المزيد فى انتظاره • ولقد بين العديد من الباحثين،
ومنهم انفلد ، أن معادلات المجال تؤدى الى حركات غير صحيحة
بشكل جلى ، والجسيمات المشحونة تتصرف كما لو كانت غير
مشحونة • وبرغم ذلك ظل آينشتين مخلصا لتلك النظرية •
لم تكن معادلات المجال بالضرورة فى صورتها النهائية •
اضافة الى أن آينشتين كان ولوقت طويل يبحث عن وحدة
أعمق ، وحدة المجال والمادة لأنها رغم أنها مرتبطة ظلت حتى
ذلك الحين أشياء من أنواع مختلفة فى الأساس • وفى النظرية
النسبية العامة نجد أن معادلات المجال تفقد نقاءها فى
المواضع التى تحتلها المادة • وكما أشار آينشتين لم تكن هناك
طريقة للاحتفاظ بتلك النظرية بدون مفهوم المجال ، وقال
بأن المرء عندما يؤمن من قلبه بالفكرة الأساسية لنظرية
المجال ، عندها لا تصبح المادة متطفلة ، وانما جزء ذو شأن
من المجال ذاته • وبالطبع يمكن أن يقال انه أراد أن يبنى
المادة من لا شىء سوى تلافيف الزمكان • وفى نظريته
الجديدة كان يبحث عن معادلات للمجال لا تفقد نقاءها حتى
فى تلك المواقع التى تدخل المادة فيها ، وكان يأمل أن تتصرف
المادة فى تلك المواضع كتحوصل للمجال • كما كان يأمل
أيضا أنه بالاصرار على حلول نقية للمجال ، وبالمعنى
الاصطلاحى حلول دون « نقاط شذوذة ، أو تفرد
singularity » (٢٢) ، سوف تظهر المحددات التلقائية
مرتبطة بوجود الذرات والكوانتا • بالنسبة لمعظم الفيزيائيين
كان الاحتمال بعيدا ، حتى من ناحية المبدأ • ومن الناحية

(٢٢) نقاط اللانهاية أو عدم الاتصال فى المعادلات الرياضية ـ (المراجع) •

العملية كانت الصعاب الرياضية تتراكم · لنفرض أنه توصل لمعادلات المجال المناسبة ، فكيف سيمكنه أن يصل للحلول المطلوبة خالية من نقاط الشذوذ ؟ لقد كان يعلم أنه لا توجد طريقة قياسية معروفة قابلة للتجربة ، ولكنه ظل يكافح كالمستميت قائلا : « انى فى حاجة للمزيد من الرياضيات » ·

وفى زيورخ عام ١٩٤٨م توفيت زوجته الأولى «ميليفا»، وبذلك قطعت احدى الروابط بالماضى · أما صحة آينشتين نفسه فكانت تدعو للقلق ، وبنهاية العام أجريت له عملية جراحية فى بطنه ، ورغم قضائه فترة النقاهة فى فلوريدا ، فقد ظلت صحته هزيلة · ولكنه عاد بأسرع ما يستطيع لبرنستون ، وكان ذلك بسبب احتياجه ليكون قريبا من «مايا» شقيقته · وكانت قد زارته فى ١٩٣٩م ، وظلت هناك بسبب الحرب ، وفى مايو من ١٩٤٦م تعرضت لأزمة قلبية أدت الى الشلل · ولكنها ظلت على قيد الحياة حتى يونيو ١٩٥١م ، وقد كتب آينشتين لابن عم له بعد ذلك بقليل :

« خلال الأعوام الأخيرة كنت أقرأ لها كل مساء من أجمل الكتب من الأدب القديم والحديث · ومن العجيب أن ذكاءها لم يتأثر برغم المرض المتزايد ، ومع قرب النهاية لم تعد قادرة على الكلام المفهوم ، اننى أفتقدها بشكل لا يمكن تصوره ، ولكنى سعيد أن آلامها قد انتهت » ·

كانت تلك السنوات من القراءات المسائية للأعمال العظيمة لشقيقته المشرفة على الهلاك رجع الصدى للأكاديمية الأولمبية المرحة ، حيث كانت الكتب العظيمة تقرأ أيضا ·

وفى زيارة لباريس تقابل هابيشت وسولوفين ، وكان ذلك فى ١٢ من مارس ، قبل عيد ميلاد آينشتين الرابع والسبعين بيومين . وعندما هاجت شجونهما لذكريات الأيام الخوالى فى برن قبل نصف قرن ، قام الرجلان بارسال بطاقة بريدية تحمل صورة كنيسة نوتردام معنونة بالفرنسية « الى رئيس الأكاديمية الأولمبية ، ألبرت آينشتين ، برنستون ، نيوجرسى ، الولايات المتحدة » وقد تسلمها بالطبع ، ومن بين الكثير من البطاقات المتكدسة كان هذان الخطابان المليئان بالحنين ، مكتوبين بالألمانية :

« الى المحترم رئيس آكاديميتنا ، فى غيابك ورغم أن مقعدك محجوز ، عقد اجتماع حزين رصين لأكاديميتنا ذات الشهرة العالمية . هذا المقعد المحجوز الذى نحتفظ به دافئا دوما ينتظر ، نعم ينتظر ، وسيظل ينتظر حضورك ـ هابيشت » .

« وأنا أيضا يا سيدى العضو الأول المبرز لأكاديميتنا المجيدة ، أجد صعوبة كبيرة فى حبس دموعى عندما أرى هذا الكرسى الشاغر الذى كان يجب أن تظل تحتله ، ولذا لا يتبقى سوى أن أبعث عظيم اجلالى وتحياتى القلبية ـ سولوفين » .

ورغم أنه كان معتل الصحة ، الا أنه لم يفقد حسه الفكاهى ، وفى فكاهة رصينة لا تخفى حنينه للماضى كتب فى الثالث من أبريل :

« الى الأكاديمية الأولمبية الخالدة : فى حياتكم القصيرة الحافلة أيتها العزيزة تمتعتم بكل ما هو ذكى ولماح . لقد أسسك أعضاؤك حتى تسخرى من شقيقاتك الأكاديميات

الأخريات الراسخات ، وقد تعلمت بمرور السنين من المراقبة الدقيقة ما فعلته هذه السخرية ٠

لقد أثبتنا نحن الأعضاء الثلاثة على الأقل طاقة على الاحتمال ، ورغم أننا أصابنا العطب الا أن لمحات من اشعاعكم تنير عزلتنا ، لأنكم بعكسنا لم تشيخوا وتصبحوا رأسا عجوزا من الخس ٠

لكم اخلاصى وحبى حتى النفس الأخير ٠

أ ٠ أ ٠ حاليا ليس الا عضوا منتسبا » ٠

لقد فعلت السنون فعلها الحتمى ، وقد سبق ذلك أن كتب الرجل للملكة الأم في بلجيكا :

« يبدو أننى وبرغم رغبتى الشديدة لن أرى بروكسل مرة أخرى ، وبسبب شعبية خاصة اكتسبتها فان كل ما أفعله يتحول الى كوميديا مضحكة ، وهذا يعني أنه يتحتم على أن أظل قريبا من بيتى ، فلا أغادر برنستون الا نادراً ٠ لقد سئمت من التسكع ، ومع مرور السنين لم يعد محتملا أن أستمع على الدوام لنفسى ٠ آمل الا تكوني قد تعرضت لنفس الموقف ٠ ما تبقى لى هو العمل الذى لا يهدأ ، والمشاكل العلمية الصعبة ، وسيظل هذا العمل يأسر لبى حتى الرمق الأخير » ٠

وفى يونيو عام ١٩٥٢م كتب لابن عمه :

« فيما يتعلق بعملى فلم يعد الانجاز كبيرا ، لم أعد أحقق الكثير من النتائج ، وعلى أن أقنع بدور رجل الدولة العجوز ، أو القديس ، وعلى الأخص الدور الأخير » ٠

وبالفعل ، وبعد وفاة حاييم وايزمان طلب منـــه أن يخلفه فى رئاسة الدولة اليهودية ، ورغم تأثره البالغ بهـذا العرض ، فقــد اعتذر بلطف بدعوى أنه يفتقــد للقــدرة والتجربة اللازمتين ، وأضاف : « انني لمستاء ، فقد أصبح ارتباطى بالشـعب اليهـودى هو أقوى الروابط الانسـانية لدى ، ومنذ ذلك الحين أصبحت مدركا للوضع المزعزع لنا بين دول العالم » .

وقد كتب فى عام ١٩٥٤م للملكة الأم فى بلجيكا : «لقد أصبحت ولدا مزعجا فى موطنى الجديد لعدم قدرتى عـــلى السكوت ، وابتلاع كل ما يحدث » .

كان ذلك فى جانب منه راجعا لكون السيناتور جوزيف ماكارثى يعصف بالحريات ويدمر حياة حتى البارزين من رجال المجتمع بدعوى مقاومة الشيوعية ، وفى هذا المنـاخ المحموم تحدث آينشتين بكل شجاعة عن تهديد ذلك للحــرية الثقافية ، وبسبب مناصرته لقضايا على غير هوى الجماهير ، كان هو نفسه عرضة للهجوم من قبـل بعض الأمريكيين . وعندما قبل انفلد وظيفة جامعية هامة فى وطنــه بولندا ، ورغم أنه لم يكن له دور فى صناعة القنبلة الذرية ، هاجت الصحافة بشكل غير معقول بزعم أنه ســوف ينقـل الأسرار النووية للشيوعيين ، وقد تحول هـذا الأمر بصورة ما لغير مصلحة آينشتين .

وفيما بين ١٩٦٥ـ١٩٦٧م نشر الروس الأعمال الكاملة لآينشتين فى أربعة مجلدات ، وهو تجميع فريد من نــوعه ، ولكن قبل ذلك لم يكن الشيوعيون الرسميون فى موقف محدد من النظرية النسبية ، ففى عام ١٩٥٢م هاجم أحد الأكاديميين

الروس النظرية باعتبارها مناهضة لمبدأ المادية الجدلية الذى هو الأساس الفلسفى للشيوعية . وقد أنحى باللائمة على بعض العلماء الروس لدفاعهم عن النظرية . وعند تسلمه خطابا بهذا الشأن أجاب بدعابته المعهودة أن ذلك قد رفع من روحه المعنوية بشكل ملحوظ . ولكنه بعد أن ضاق ذرعا بالقيود على حرية الفكر والقول فى روسيا كتب البيان المبدئى التالى ، والذى نشر فى عام ١٩٥٣م : « فى مملكة الباحثين عن الحقيقة لا توجد سلطة عليا ، وكل من تسول له نفسه أن يلعب دور المحكم يستحق سخرية الآلهة » . كما كتب هذه الأبيات اللاذعة التى لم يقدر لها أن تنشر :

حكمة المادية الجدلية
بالجد الذى لا يقارن
ألم تر أخيرا الحقيقة ؟

يا لك من أحمق ، لتجهد نفسك حتى الموت
فحزبنا يقدم الحقيقة بالقرارات !
هل يجد شخص شجاعة على الشك ؟
فيتلقى جائزته على أم رأسه ،
ليتعلم درسا لم يره من قبل
كيف يعيش معنا فى وفاق .

وفى أمريكا وسط المخاوف من القهر المكارثى ، طلب أحد المدرسين المطلوبين للشهادة أمام لجنة تحقيق تابعة للكونجرس مشورته ، فكتب هذه الكلمات الصريحة المدوية :

« يواجه المثقفون فى هذا البلد مشكلة خطيرة للغاية ، فقد نجح سياسيون منفعلون فى زرع بذور الشك فى المجهودات الثقافية لدى العامة ، وذلك بالتلويح لهم بخطر غير موجود ، وهم الآن بصدد قهر حرية التعليم وحرمان كل من ليس قابلا للخضوع بفقد وظائفهم ، وبمعنى آخر بالموت جوعا .

ماذا يمكن لأقلية المثقفين عمله ازاء هذا الشر ؟ بصراحة لا أجد الا الطريقة الثورية بعدم التعاون بمفهوم غاندى . كل مثقف يطلب منه القول أمام احدى لجان المجلس عليه أن يرفض الشهادة ، أى أن عليه أن يعد نفسه للسجن والتحطيم الاقتصادى ، وباختصار التضحية برفاهيته الشخصية من أجل صالح الثقافة لهـذا البلد .. هـذا ويجب أن يكون رفض الشهادة قائما على التأكيد بأنه من المشـين بالنسبة لمـواطن لا ناقة له ولا جمل أن يرضخ لمثل هذه الاستجوابات ، فمثلها يخالف روح الدستور .

واذا كان هناك عدد كاف من الناس على استعداد لاتخاذ مثل هذه الخطوة الصعبة ، فسوف ينجحون . واذا لم يحدث، عندئذ لا يستحق مثقفو هذه الأمة ما هو أفضل من العبودية التى أعدت لهم » .

فى تلك الأيام كان من الخطورة كتابة مثل هذا الخطاب، ولكن آينشتين أضاف حاشية أنه لا حاجة لاعتبار هذا الخطاب سريا ، وبذلك ، وبحكم كونه من يكون ، تحول الخطاب الى اعلان عام دوت أصداؤه فى أسماع العالم .

صحيح أن انتصارات ميكانيكا الكم الحديثة تعدت فى عددها ودقتها النظرية النسبية العامة . ولـكن رغم أنها

كانت نتاج فكر عدة عقول، فان اسهام آينشتين فى تطويرها كان فى حد ذاته هائلا . والأكثر من ذلك أن النظرية النسبية الخاصة تلعب دورا بارزا فى أبحاث الكم الحديثة . أما بالنسبة للنظرية النسبية العامة العملاقة فقد كانت ــ من وجهة نظر هامة ــ من نتاج فكر رجل واحد ، ولذا فهى تعتبر من أعظم الانجازات العلمية على مدى تاريخ العلم فى كل العصور . وأيا كان ما يخبؤه القدر فستظل نظرية آينشتين للنسبية آمنة . فرغم أن كل النظريات يمكن أن تموت ، الا أن العظيمة منها ، مثل كل التحف الثمينة ، تحتفظ بعظمتها على الدوام .

وفى « ملاحظاتى على السيرة الذاتية » ، وعندما تحدث عن النظرية ، كان عليه أن يقص عن المصاعب فى النظام النيوتونى ، وفجأة توقف ليخاطب نيوتن مباشرة :

« كفانا من هذا . سامحنى يا نيوتن ، لقد توصلت الى الطريق الوحيد المتاح أمام رجل على أقصى قدر من الذكاء والابداع . وتظل المفاهيم التى وضعتها مسيطرة على فهمنا ، رغم أننا ندرك الآن أن علينا أن تستبدل بها مفاهيم أخرى بعيدة عن مجال التجريب المباشر ، اذا ما كان ينبغى علينا التوصل لفهم أكثر رسوخا للطريقة التى تترابط بها علاقات الأشياء » .

أى رجل هذا الذى يخاطب نيوتن بمثل هذا القول عبر القرون الطويلة ؟ هو رجل متواضع وبالغ البساطة احتفظ ببراءة الطفل ودهشته . ويتبدى احساس آينشتين بالغموض والمأساة فى هذه الكلمات التى كتبها للملكة الأم فى بلجيكا

عام ١٩٣٩م : « أشعر بالعرفان تجاه القدر الذى جعل من الحياة تجربة مثيرة بحيث بدا أن لها معنى » ·· بدا أن ، تلك كانت كلماته ·

ولكننا يجب ألا نترك مثل هذه الأفكار الرصينة تخفى الاحساس بالمزج الخاص الذى يتجلى فى ضحكاته المجلجلة ، وحبه للأدوات الميكانيكية المسلية ، ومعينه الذى لا ينضب من الشعر الهزلى ، وميله الفطرى للشيطنة · فعلى سبيل المثال، عندما بعث باحدى صوره لصديق قديم ، كتب هذه السطور:

تأمل صديقنا العجوز كما يبدو الآن
لعل الرعب يطيح بسلام نفسك
ولكن تذكر : المهم هو المضمون
وعلى العموم ، فأية أهمية لذلك ؟

كان متمردا بطبيعته ، ومستمتعا بكونه غير تقليدى أو عادى · كان يلبس ما يريحه ، وليس ما يسر الآخرين ، كانت المظاهر لا تشغله ، فقد كانت تسبب بالنسبة له حرجا لا معنى له · كان ينشد البساطة فى كل شىء ، وكان العلم هو غرامه المتدفق ، ومن بعده الموسيقى · وتحكى أخته عن توقفه المفاجىء عن اللعب ليهتف : « وجدتها ! » وكانت كمانه ، كعلمه ، رفيقه الدائم ، يصحبها فى حله وترحاله · وأيا كان ما يفعله ، فقد كان العلم حاضرا فى ذهنه على الدوام ·

حينما كان يقلب الشاى ، لاحظ أن أوراقه تتجمع فى المركز وليس على الحواف ، ووجد السبب وربطه بشكل غير متوقع بشىء بعيد تماما ، المسارات المتعرجة للأنهار· وحينما

كان يسير على الرمال ، انتبه لشيء نمر عليه مر الكرام ، أن الرمل المبلل تكون الآثار عليه أكثر ثباتا من الرمل الجاف، وقد وجد التعليل العلمي لذلك ٠

كان ينظر للموسيقى نظرته للعلم ، ساعيا في كليهما الى البساطة الطبيعية قبل كل شيء ٠ وكان موزارت هو نموذجه المثالي ٠ وحين كان يقال له ان بيتهوفن أعظم منه كان يعلق قائلا : « كان بيتهوفن يضع موسيقاه ، ولكن موسيقى موزارت من الصفاء بحيث تبدو وكأنها موجودة في الكون منذ الأزل ، تنتظر من يكتشفها » ٠ وفي تعبيره عن الخراب الذى يحل بالعالم نتيجة للحروب الذرية ، كان يقول: ان العالم لن يكون قادرا على سماع موزارت ٠

وكان يعتبر شهرته العالمية كثقة مهيبة ــ منحة من القدر ــ يجب أن تستثمر للصالح العام ٠ كان يعلم جيدا ثقل ووزن اسمه ، فدافع بحرارة عن قضية الحرية الانسانية، وقد حال ضميره بينه وبين التنصل من دعم القضايا العادلة ٠

وتحكى نوادر عديدة عن جانبه الانسانى ٠ يحكى شتراوس عن اعتذاره لقطه المذعور من انهمار السماء بالمطر قائلا : « أنا أدرى مشكلتك يا عزيزى ، ولكن للأسف ما باليد حيلة ازاءها » ٠

وعندما أنجبت قطة شتراوس ، كان آينشتين حريصا على رؤية جرائها ، ولندع شتراوس يكمل القصة :

« عاد آينشتين معنا للمنزل ، وأحرجه أن يجد أغلب الجيران من العاملين بالمعهد ، فقال : « لنسرع ، هنا كثير ممن

اعتذرت عن دعواتهم ، وأرجو ألا يعلموا أننى جئت الى هنا لزيارة القطط » •

وكانت لديه موهبة اشعار ضيوفه برفع الكلفة ، ليس بالكلمات ، وانما بتصرفاته • لم يكن محتاجا لاشاعة جو السيطرة عليهم ، ولم يكن راغبا فى ذلك • كان لديه من التواضع والتلقائية لدرجة أن الضيف لم تكن لديه فرصة ليشعر بالاهتمام المبالغ فيه به ، فالمبالغة لم تكن أبدا مقصودة من جانبه • لم يكن لديه ذلك الأدب المتعمد لمجيدى اظهار الصداقة المحسوبة بين الرجال ، فهو لم يكن كغيره من الرجال، كانت له مواطن ضعفه البشرى ، ولكن كانت العظمة تشع من حوله بسبب بساطته وتواضعه •

وعن القضايا العامة كان يتكلم ببساطة وبلا خوف ، كأنبياء الكتاب المقدس ، لأنه كان مهموما بقضايا أشقائه من البشر • ومع ذلك فقد كتب قائلا :

« ان حسى العميق بالعدالة الاجتماعية والمسئولية الاجتماعية كان متعارضا على الدوام بشدة مع غياب الاحتياج للاتصالات المباشرة مع الآخرين من البشر أو المجتمعات • فأنا بحق « مسافر وحيد » ، ولم أكن أبدا ملكا خالصا لوطن أو بيت أو أصدقاء أو حتى أسرة ، فحيال هذه الروابط لم أفتقد أبدا الاحساس بالتباعد والعزلة ، وهو ما تزايد مع الأيام » •

لقد كتب هذا عام ١٩٣٠م ، وظل صحيحا طيلة حياته •

ومع ذلك، فلم يجد سعادته فى عمله فقط بل أيضا فى تقدير العلماء له • وقد كتب للجمعية الملكية الفلكية التى منحته ميداليتها عام ١٩٢٥م :

« من أمكنه أن يجد فكرة تمكننا من الغوص ولو خطوة صغيرة فى المعضلة الأزلية للطبيعة فقد منح بركة كبيرة ، أما من يتمتع فوق ذلك بالاعتراف والتعاطف والعون لغيره فقد حاز سعادة لا يصل اليها بشر » .

ولقد ترك لنا ملامح من ذاته الداخلية ، ولكننا لا نستطيع أن نترجمها إلا من واقع تجاربنا نحن وليس تجاربه . فهو قد كتب مثلا ذات مرة : « ان أجمل التجارب على الاطلاق هى مواجهة الغموض ، انها العاطفة الأساسية التى تقف على الحافة بين الفن الحقيقى والعلم الحقيقى » . وحتى لو عرفنا نحن نشوة الفن الخلاق أو التصوف الدينى ، فلن نحس باحساسه الا بصورة باهتة . فوراء كلماته تجربة فريدة لا يعرفها سواه . لقد كان فى أعماقه فنانا يستخدم العلم كمادة لفنه . كما كأن يتصرف كمن به مس ، فما أن تتملكه فكرة حتى ينكب عليها حتى الانهيار . واذا ما كانت الفكرة مستعصية ، فهو لا يفتأ يعود اليها المرة تلو الأخرى ، وعاما بعد عام فى اصرار عنيد . وكان يسخر ممن يجد فى مثل هذا العمل العقلى محض متعة صبيانية ، قائلا : « ان من يذق لذته لا يمله على الاطلاق » .

كانت المتعة موجودة ، وبوفرة غير عادية ، ولكنه كان يعمل لأنه لم يكن يملك غير ذلك . لقد كان تحت رحمة دوافع لا تعرف الرحمة . وقد كتب لسيدة أرسلت له قصيدة فى عيد ميلاده الواحد والسبعين :

« كلما حل يوم عيد ميلادى المحتوم ، انتابنى احساس مزعج . فطوال تلك السنين أرى نفسى تحت النظرات النارية

المقرغة للبؤة المجنحة Sphinx (٢٣) تذكرني بلا هوادة بما استغلق فهمه . ثم يأتي اليوم اللعين الذي أجد فيه الحب الذي غمرني به رفاقي من البشر يخيلني الى حالة من العجز المطبق . فاللبؤة المجنحة لا تعطيني لحظة أخلو فيها لنفسي ، بينما يزعجني ضميري لعجزي عن الوفاء بمقابل كل ذلك الحب ، حيث أفتقد الحرية والاسترخاء » .

وفي مناسبة أخرى استخدم تمثيلا مختلفا ، ففي شكره لهيرمان بروخ على كتابه عن فيرجيل عام ١٩٤٥م، عبر آينشتين عن نفسه متقمصا شخصية فاوست : « لقد فتنني شاعرك فيرجيل ، وأقاومه بكل ما في استطاعتي . لقد أظهر في الكتاب بجلاء ما الذي أفلت من قبضته عندما وهبت نفسي قلبا وقالبا للعلم ، الهروب من «انني» و «اننا» الى «انه) » .

ولقد حاول أن يصف طريقة تفكيره ، قائلا ان الجزء الرئيسي منه كان تلاعبا « غامضا شيئا ما » على « المنظور » و « المحسوس » ، ثم يتلو ذلك البحث المضني عن الكلمات .

ما الذي يمكن أن نخرج به من كل ذلك ؟ ألسنا مثل الأصم الذي يحاول أستيعاب سيمفونية ؟ على سبيل المثال ، في مارس عام ١٩٤٩م عقدت ندوة ودية في برنستون على شرف عيد الميلاد السبعيني له ، أعطى فيها العلماء البارزون شهادات في فروع العلم المختلفة عن انجازاته ؛ ولكن أكثرها حفاوة جاء عفويا وبلا اعداد سابق . فبينما كان رابي

---

(٢٣) كائن خرافي مجنح في الميثولوجيا الاغريقية ، له جسم أسد ورأس امرأة ، كان يسأل المارة ألغازا ويقتل من لا يعرف الحل ، وقتل نفسه حين تمكن أوديب من حل اللغز الذي وجهه له ـ (المراجع) .

I-Rabi ـ الحائز على جائزة نوبل ـ يلقى محاضرته المكتوبة ، توقف فجأة مدركا عجزه عن أن يصف العبقرية السحرية لآينشتين ، فصمت برهة ثم أشار لساعة معصمه قائلا : «لقد بدأ كل شيء من هذه » ·

ولنسمع الآن من آينشتين ، في رده لسولوفين على تهنئته له بالعيد السبعيني :

« لعلك تتصور أنني أستعيد ما أنجزته من أعمال برضا هادىء ، ولكن على القرب يبدو الأمر على خلاف ذلك · فلا يوجد مفهوم تعرضت له يقف الآن على أرض صلبة ، وبشكل عام لست واثقا ان كنت على الطريق الصحيح » ·

وليس في هذا الكلام أى تواضع مصطنع · كان آينشتين مدركا لأهمية أعماله ، ولكنه كان أيضا على علم بنقاط الضعف فيها · ومن يمكنه ذلك أفضل منه ، وهو الذى قلب الصرح النيوتونى رأسا على عقب ؟ ولنتذكر قول نيوتن في أواخر أيامه :

« لست أدرى كيف أبدو في أعين العالم · ولكنى أمام نفسى لست أكثر من صبى يلعب على شاطىء البحر ، منشغلا بين الحين والآخر بحصاة أكثر نعومة أو صدفة أكثر غرابة ، بينما محيط الحقيقة يمتد من ورائى لم يكتشف بعد » ·

وبحلول أواخر عام ١٩٥٤م كان واهنا معتلا ، وكان يعلم أن آخر أيامه ليس بالبعيد · وتحدث مرارا عن الموت كراحة ، كما كتب في ٥ فبراير من عام ١٩٥٥م : « لقد صرت أنظر للموت كدين قديم، حان أخيرا ميعاد استحقاقه» ·

ولكن كان عليه أن يكابد الحزن مرة أخرى قبيل أن يغادر الحياة ، ففى مارس عام ١٩٥٥م توفى صديقه ميشيل بيسو، وقد كتب لابنه وابنته هذه الكلمات :

« لقد نشأت صداقتنا أثناء سنوات الدراسة فى زيورخ ، حيث كنا نتقابل بانتظام فى الأمسيات الموسيقية ٠ وفيما بعد اجتمعنا سويا فى مكتب براءات الاختراع، وكان لمناقشاتنا خلال طريق العودة للبيت سحر لا ينسى ٠ وها هو قد سبقنى بفترة وجيزة فى وداع هذا العالم الغريب ، وهذا لا يعنى شيئا ، ان التمييز لدينا ، نحن الفيزيقيين المؤمنين، بين الحاضر والماضى والمستقبل ليس الا وهما ، وان كان وهما عنيدا » ٠

وبالفعل فقد سبقه بيسو بفترة وجيزة ، فبعد عدة أسابيع فقط كان على آينشتين أن يودع عالمنا ٠ ولكن فى هذه الأثناء ، كان ما يزال هناك ما يجب عمله ٠ كان الفيلسوف البريطانى برتراند راسل الذى أزعجته الأسلحة الذرية يعد بيانا تحذيريا ليوقعه أبرز علماء العالم ، وقد أثقل على آينشتين بطلب معونته فى هذا الصدد ، وهو ما لم يتأخر عنه بالفعل ، فقد كتب لبوهر رسالة بدأها بهذه الرسالة : « لا تجفل ، فهذا الخطاب لا علاقة له بخلافنا القديم فى الفيزياء ، ولكن حول موضوع نحن متفقون فيه تماما»٠ وقرب نهاية الخطاب كتب هذه الكلمات المعبرة :

« الأمور فى أمريكا معقدة بحقيقة أن أغلبية العلماء الذين يحتلون مناصب رسمية يبدو أنهم عازفون عن الانخراط فى هذه المغامرة ٠ وان مشاركتى قد يكون لها أثر

فى الخارج ، ولكن ليس هنا ، حيث أعتبر « النعجة السوداء » (وليس فقط فى المسائل العلمية) » ٠

وكان البيان الذى طال انتظاره، بيان آينشتين ــ راسل، والذى نشر بعد موت آينشتين ، يبدأ بالسؤال المباشر : «هل نضع نهاية لجنسنا البشرى ، أم أن علـــى العالم أن يدين الحروب ؟ » وقد وقعه أحد عشر رجلا ، ليس من بينهم بوهر، الذى كان من ضمن من اعتبروا البيان ، ربما بواقعية تفوق ما لدى آينشتين وراسل ، بادرة غير ذات جـدوى ٠ الا أن آينشتين لم يكن ليستطيع البقاء ساكنا فى الأيام الباقية له ٠ فبسبب البيان عقدت سلسلة من المؤتمرات الدولية حـول السيطرة على الأسلحة الذرية ، وهو مجهود لم يكن بالمرة بغير جدوى ٠

كان توقيعه على البيان آخر عمل مكتمـل فى الحيـــاة العامة ٠ وكان قد طلب منه قبل شهر وبحلول سبع سنوات على قيام اسرائيل كلمة تذاع بهـذه المناسبة ، ولكنـه آثر أن يتعرض للموضوع من خلال مسألة السلام بمفهومه الشامل ، بين العرب واسرائيل ٠ وفى ١١ أبريل وأيضا ١٣ منـه ، ورغم اعتلال صحته ، اجتمع بالمسئولين الاسرائيليين، ولكن الآلام هاجمته فى ذلك اليوم ، ونقل يوم الجمعة التالى ، يوم ١٥ أبريل الى المستشفى ، وكان يعلم أنها النهـاية ٠ وقد وبخ بحنان خلال أنينه أحد المقربين منه قائلا : « لا تحزن هكذا ، فكل انسان له أجله » ، وقد تساءل عن الموت ، هل هو مخيف ، ولكن الأطباء لم يقـدموا اجابة ٠ وقد خفت آلامه مع العلاج ، وفى يوم السبت طلب نظارته ، وفى الأحد طلب حساباته الرياضية ، وملاحظاته عن بيان اسرائيل ٠ وقد

حضرت ابنته مارجوت التى كانت مريضـــة بالمستشـــفى لزيارته ، ولكنها لم تعرفه فى البداية لما ألم به من ضـــعف وهزال • كما حضر ابنه الأكبر من كاليفورنيا ليكون بجانبه، وكان آوتو ناثان صديقه القديم ومستشاره الموثوق به الى جوار سريره حتى الساعات الأخيرة •

وقبـــل ذلك بعامين كان قد كتب للملكة الأم ببلجيكا : « الشىء الغريب فى التقدم فى العمر هو أن التمييز المألوف بين « هنا » و « الآن » يفقد ببطء ، ويشعر المرء بالتحـــول نحو اللانهائية وحيدا تقريبا • لم يعد هناك خوف أو أمل • • لا شىء غير المراقبة » • وبعد تسعة أشهر وفى كلمـــات تردد رأيا لأحد المؤمنين الأوائل بالذرة ، وهو الشاعر الاغريقى لوكريتوس ، كتب آينشتين يقول :

« ان الخوف من النهاية شىء عام بين البشر ، وهو أحـــد وسائل الطبيعة فى الحفاظ على النوع ، ولكن التمعن المنطقى بين آن هذا الخوف هو أكثر صوره غير المبررة ، حيث انه ليس من خطورة على شخص مات أو لم يولد بعد • وباختصار فهو خوف غبى وان يكن لا حيلة ازاءه » •

والآن ، وعندما حان الأجل ، واجهـــه بلا وجـــل ، مرحا شاعرا بالصفاء بروح لا مثيـــل لهـــا ، ومســـتعدة للرحلة العظيمة • كان يتحدث بهدوئه ومرحه المعتاد فى المســـائل الشخصية والعلمية ، ثم يتحدث بحزن عن أمريكا والآمال المتلاشية فى السلام العالمى ، وعلى هذا الحال قضى آخر ساعات الصحو • وفى مساء الأحد أخلد للنوم ، ثم فى يوم ١٨ أبريل بعد ساعة وبضع دقائق عقب منتصف الليل انفجرت الأوعية الدموية وتوقف القلب •

قبل قرنين ، عندما مات نيوتن ، نعاه العالم ودفن رماده في احتفال مهيب في كنيسة وستمنستر في قلب لندن ، بالقرب من أعظم أبناء انجلترا ٠

وعندما مات آينشتين ، نعاه العالم أيضا ، ولكنه طلب ألا تكون هناك مراسم جنائزية ولا قبر ولا شواهد ولا تماثيل ٠ وبهدوء وبحضور بعض المقربين ، حرق جثمانه قرب ترنتون بنيوجرسي ٠ وبناء على رغبته، ثم التعامل مع الرماد في سرعة حتى لا يوجد مكان ، مهما كان تواضعه ، يمكن أن يكون مزارا ، ولكن نهر التايم قد فاض وحمل رماده ، حيثما كان، الى المحيط العظيم الذى كان نيوتن أيضا يلهو على شاطئه ٠

ملاحق الكتاب :

الملحق (أ)

الأنتروبيا

تعتمد كافة العمليات النافعة فى الحياة على تحويل الطاقة ، فالآلة الحرارية يدخل لها قدر من الطاقة المختزنة فى الوقود لتحولها لطاقة حركية ، ومولدات الكهرباء تعمل نفس الشيء لانتاج الطاقة الكهربية ، كما أن الكائنات الحية تستغل الطاقة المختزنة فى الغذاء ، والذرات تحتاج لطاقة لتظل متماسكة فى جزيئات أو بلورات ، الى آخر ما يعن للانسان من أمثلة ٠

ومن سنن الله فى الطبيعة أن الطاقة المنتجة تكون على الدوام أقل مما استخدم فى انتاجها ، ويتمثل الفرق فى طاقة مشتتة فى أرجاء الكون ٠ وقد تنبه كاليسيوس لهذه الظاهرة فى دراسته لسلوك الآلات الحرارية ، والتى تتمثل الطاقة المبددة فيها فى التسرب الحرارى ، وتآكل الأجزاء ، وفى الاهتزازات والأصوات ، وغير ذلك من صور فقد الطاقة ٠ ولذلك ، فقد أدخل مفهوم الأنتروبيا كتعبير عن الحصيلة الكونية من الطاقة المبددة غير القابلة للاستغلال ، وضمنها فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية ، والذى ينص على أن كافة العمليات الحرارية تتضمن زيادة الأنتروبيا ٠

ولما كانت الطاقة المبددة غير قابلة للاسترجاع ، فان الأنتروبيا هى أيضا تعبير عن اللا انعكاسية irreversibility فى عمليات تحويل الطاقة ، ومن جهة أخرى ، فلكون الطاقة المبددة تكون متشتتة فى الكون ، فان الأنتروبيا هى أيضا مقياس للعشوائية ، وقد أعطى بولتزمان لهذه الصورة من الأنتروبيا صياغة رياضية ، تعتمد على أن احتمال العشوائية disorder هو أكبر دائما من احتمال النظام ·

ولما كانت الحصيلة الكونية من الطاقة مقدارا ثابتا ، وهو ما يعرف بقانون بقاء الطاقة ، فان الطاقة المبددة تكون على حساب الطاقة النافعة ، ويعنى تزايد الأنتروبيا التكهن بالمصير المحتوم للكون ، وهو ما يعرف بالموت الحرارى ، حين تتحول كل الطاقة الى طاقة مشتتة ، ويستحيل بالتالى القيام بأى نشاط نافع فى الكون ·

واذا كان مفهوم الأنتروبيا قد نشأ فى أحضان الديناميكا الحرارية ، الا أنه يمتد ليشمل كافة الأنظمة فى الحياة ، فأى نظام كائنا ما كان ، يخضع لظاهرة تزايد الأنتروبيا ، فهذا يعنى للنظم البيولوجية الميل الطبيعى للتحلل والفناء ، وللنظم عموما ، كنظم المعلومات ، أو حتى النظم الاجتماعية ، الميل الطبيعى للتشتت والعشوائية ، كأمثلة على سبيل التمثيل لا الحصر · ولعله لهذا السبب يصعب وضع تعريف جامع مانع للأنتروبيا ، ومن ثم مصطلح مترجم له (٢٤) ·

---

(٢٤) أورد قاموس « المصطلحات العلمية » لدار نشر أكاديميا ترجمة هى « القصور الحرارى » ، وهى توحى بأن مفهوم الأنتروبيا مقصور على النظم الحرارية ، وقد رأينا أن الأمر لم يعد كذلك الآن · أما قاموس المورد فقد اكتفى بذكر شرح لهذا المصطلح ، الا أنه قصره أيضا على النظم الحرارية ·

الملحـــق (ب)

علـم الفيزياء

فى

نهـاية القرن العشرين

أسدل الستار على القرن التاسع عشر وعلماء الفيزياء فى وضع لا يحسدون عليه ! • ذلك أن نتائج الأبحاث التى جرت فى مجالى الاشعاع الحرارى والاشعاع الكهرومغناطيسى قد تضافرت على تحدى قواهم العلمية • وشهد مطلع القرن العشرين مولد نظريتين رائدتين ، كانتا المخـــرج من تلك الورطة العلمية ، الأولى هى النظرية الكمية ، والثانية هى النظرية النسبية ، على الوجه المبين فى ثنـــايا الكتـــاب • واستكمالا للفائدة نرى أن نعطى لمحة عن التطور فى مسار العلم بعد النقطة التى توقف عندها المؤلف ، بقدر ما يتسع له المقام ويوفقنا اليه المولى سبحانه •

تطورت النظرية الكمية على يد كل من بوهر وهايزنبرج وشرويدنجر الى ما سمى بميكانيك الكم ، وهى النظرية التي تتعامل مع الجسيمات دون الذرية ، وقد أضحت هذه الجسيمات عالما قائما بذاته ، لوفرة ما اكتشف منها ، حتى أصبحت تقدر بالمئات عددا ، كما تتعامل النظرية مع ثلاث من القـــوى الأربع المعروفة فى الطبيعة ، وهى القوة الكهرومغناطيسية

والقوة النووية الضعيفة والقوة النووية الشديدة · والقوة الأولى فهى التى بمقتضاها تتجاذب الشحنات الكهربية والأقطاب المغناطيسية أو تتنافر · والقوة الثانية هى المسئولة عن التحلل الاشعاعي للعناصر المشعة ، أما القوة الثالثة فهى القوة التى تتماسك بها البروتونات داخل نواة الذرة ، رغم ما بها من تنافر لكونها ذوات شحنات متماثلة · أما القوة الرابعة فى الطبيعة فهى قوة الجاذبية ، وهى تعمل على المستوى الكونى كما نعلم · هذه القوة هى مجال النظرية النسبية العامة التى وضعها آينشتين عام ١٩١٤ ·

وقد بذل العلماء جهودا خارقة لتوحيد هذه القوى الأربع، بغية وضع تصور بسيط موحد للكون · وقد نجحت النظرية الكمية فى توحيد القوى الثلاث الأولى بالفعل ، فى منتصف الثمانينات تقريبا ، وجار العمل على قدم وساق فى محاولة ضم القوة الرابعة ، التى تبين أنها صعبة المراس بقدر كبير على التوحد ·

وربما تكون آخر صيحة فى مجال العلم هو ما يسمى بنظرية الأوتار الفائقة superstrings ، ويدعى أنصارها أنها الضالة المنشودة فى هذا المضمار · وتذهب هذه النظرية الى القول بأن الكون ليس مكونا من نقاط متناهية الصغر كما درجنا على تصوره منذ نعومة أظفارنا ، بل من أوتار متناهية الصغر ، وأن كل جسيم من الجسيمات دون الذرية فى الطبيعة ما هو إلا تردد معين لمثل هذه الأوتار ·

ونورد فيما يلى بعضا من الكتب التى تتناول مثل هذه الموضوعات لمن شاء الاستزادة :

ـ ما بعد آينشتين ، ترجمة الدكتور فايز فوق العادة ، آكاديميا ١٩٩٠ .

ـ تاريخ موجز للزمان ، ترجمة د . مصطفى فهمى ، دار الثقافة الجديدة .

ـ الدقائق الثلاث الأخيرة من عمر الكون ، ترجمة م . هاشم أحمد ، الهيئة المصرية العامة للكتاب .

قاموس مصطلحات عربى ــ لاتينى

المراجع : معجم الفيزياء ، أكاديميا

قاموس الفلك المصور ، مكتبة لبنـــان

قاموس الرياضيات المصور ، مكتبة لبنـــان

المورد

ظ : = انظر المادة ٠

(أ)

ارج erg وحدة لقياس الطاقة ٠

اشـــعاع emission : اطلاق موجات (ظ : الاشعاع الكهرومغناطيسى) أو جسيمات (ظ : الأشـــعة الكونية) ، وطبقا للرؤية الحديثة فقـــد توحد المفهومان ، حيث وجـــد للموجات خواص جسيميـــة (ظ : الفوتونات) وللجسيمات خواص موجية (ظ : الأشعة المادية) ٠

اشعاع جاما gamma rays : الاشعاع الكهرومغناطيسى (ظ) الأقل من 10^{-12} متراً ٠

اشعاع كهرومغناطيسى electromagnetic rays اطلاق موجات من مجال كهربى ومجال مغناطيسى متعـــامدين ، وهو ينتشر بسرعة الضـــوء (الضوء نفسه صورة من هذا الاشعاع يقع بين ٤٠٠ نانومتر الى ٧٧٠ نانومتر) ٠ وبمفهوم الجسيمات فهو اطلاق الفوتونات (ظ) ٠

أشعة اكس X-rays : احدى صور الاشعاع الكهرومغناطيسى ، يقع طول موجتها بين الأشعة فوق البنفسجية وأشعة جاما ، اى يتراوح بين 10^{-12} و 10^{-9} مترا ٠

أشـعة كونية cosmic rays : جسيمات دون ذرية ، أغلبهـا بروتونات ، ولكن الالكترونات ونويات كافة العناصر توجد فيها بنسب أقل ، تنطلق فى الكون بسرعة مقاربة لسرعة الضوء ، أساسـا مع انفجـارات السوبرنوفا ، ولكن أيضا مع البقع الشمسية ٠

ألفـا (جسيمات ، اشعاع) Alpha (particles, emission) : جسـيمات مكونة من نيوترونين وبروتونين (نواة ذرة الهيليوم) تنبعث من المواد خلال التحلل الاشعاعى (ظ) ٠

انتروبيـا entropy : اصطلاح يشير الى الطاقة المشتتة نتيجة العمليات الحرارية أو الحيوية ، وكذا الى ميل النظم للتشتت والعشوائيـة (انظر الملحق) ٠

انزياح أحمر red shift : ازاحة خطوط الطيف (ظ) نحو اللون الأحمر اذا كان الجسم المشع يبتعد عن المراقب ، وهو ما تلاحظ من رصد المجرات ، مما تبين منه ظاهرة تمدد الكون (ظ : الكون المتمدد) ٠

الانفجار العظيم big bang : انفجـار فى الفراغ نشـأ عنـه الكون الحالى طبقا للنظرية القائلة بذلك ٠

ايثير ether : وسط تخيلى كان يظن أن الموجـات الكهرومغناطيسـية تنتشر خلاله ، وقد أثبتت التجارب فساد هذا الرأى ٠

(ب)

بيتـا (جسيمات ، اشعاع) beta (particles, emission) : الالكترونات المنبعثة من المواد المشعة خلال النشاط الاشعاعى (ظ) ٠

(ت)

تأثير دوبلر doppler effect : التغير فى خطوط الطيف بحسب تحرك الجسم المشع بالنسبة للراصد ، فاذا كان مقتربا تزاح الألوان تجاه اللون الأزرق ، واذا كان مبتعدا تكون الازاحة تجاه اللون الأحمر (ظ : انزياح أحمر) ٠

تحلل اشـعاعى radio decay : (نشـاط اشـعاعى) : اطلاق نويات المواد الثقيلة لجسيمات ألفا (ظ) وبيتا (ظ) وأشـعة جاما (ظ) لتتحول الى عناصر أخف ٠

تعـادلية (مبدأ الـ) equivalence : مبدأ النظرية النسبية العـامة ، ينص على أنه لا يمكن التفرقة بين الآثار المحلية الملحوظة لمجال الجاذبية وبين الآثار الناتجة عن الحركة المتسارعة لاطار الاسناد ٠

تفاعل متسلسل chain reaction : فى الانشطار النووى (النشاط الاشعاعى الناتج عن قذف النواة بالنيوترونات) تتسبب جسيمات ألفا الناتجة من انشطار نواة فى انشطار الأنوية المجاورة ، مما يعطى الانشطار خاصية التضاعف المطرد ٠

تفسير كوبنهاجن (*) Copenhagen interpretation : المبدأ الذى إسست عليه ميكانيكا الكم ، والذى يعطى الظواهر الكمية صفة الاحتمال وليس القطع طبقــا لمبدأ عدم اليقين (ظ) ، ويقبل التعارض بين الظواهر الكمية كظواهر متكاملة طبقا لمبدأ التكاملية (ظ) ٠

تكاملية (*) (مبدأ الـ) complementarity : المبدأ القائل بأن الظواهر الكمية المتعارضة هى فى الواقع متكاملة ، كالنظر للالكترون كموجة أو كجسيم ٠

تماثل (*) (مبدأ التماثل العــام) covariance مبــدأ فى النـظرية النسبية العامة بمقتضاه يجب أن تعــامل كافة أطر الاسـناد فى الزمكان (ظ) معاملة واحدة ، وبالتالى يجب أن تكون المعادلات معبرة عن هذا الحياد ٠

تنســور tensor : (ظ : موتر) ٠

(ث)

ثابت هابل Hubble constant : معدل زيادة سرعة المجــرات بالنســبة لبعدها عن النظام الشمسى (من ٥٠ الى ١٠٠ كيلو متر/ثانية لكل مليون فرسخ نجمى (الفرسخ النجمى parsec = ٣٫٢ سنة ضوئية) ٠

ثقب اسود black hole جسم فلكى بالغ الجاذبية لدرجة حبس الضوء بداخله ٠

(ج)

الجاذبية gravity قوة التجاذب بين الأجسام المادية ٠

جســم اسود black body : جسم مثــالى افتراضى ، يتصــور أنه يمتص جميع الأشعة الساقطة عليه ، ولا يعكس منها شيئا ، وعند تسخينه يفترض أنه يشع كل موجات الطيف ، وكان لمخالفة التجارب لهذه الفرضية أساس لوضع النظرية الكمية (ظ)

جسيم أولى elementary particle : الجسيمات التى تكون اللبنات الأولية لبناء المادة والطاقة ، كالفوتونات واللبتونات (ومنها الالكترونات) والبايونات (ومنها البروتونات والنيوترونات) وغيرها ·

الجيوديسيا geodesics : علم دراسة الأسطح ، ومنها تحديد أقصر أو أطول مسار لجسم على سطح ما ·

(ح)

حد شاندراسيخار chandrasekhar limit : أثقل ما يكونه نجم قزم أبيض ·

حركة براونية brownean motion : الحركة العشوائية للنباتات المجهرية داخل السوائل واستنبط منها تكون المواد من جزيئات ·

الحضيض الشمسى perihelion : أقرب موضع لكوكب من الشمس ·

(خ)

خط كونى world lines : مسار جسم فى الزمكان ·

(د)

درجة الحرارة المطلقة absolute temperature : درجة الحرارة مقيسة بالنسبة للصفر المطلق (ظ) ·

الديناميكا الحرارية thermodynamics : فرع الفيزياء الذى يعنى بدراسة العلاقات الكمية بين الطاقة الحرارية والأشكال الأخرى من الطاقة ·

(ذ)

ذرة atom : أصغر وحدة بنائية لعنصر ما ·

(س)

سديم nebula : سحابة من الغاز والغبار الكونى ·

سنة ضوئية light year : المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة كاملة (ظ : ضوء) ·

(ص)

الصفر المطلق absolute zero : ــ ٢٧٣٫١٥ درجة مئوية .

(ض)

ضوء ، سرعة الـ light (speed of) : ٣٠٠ الف كيلومتر في الثانية .

(ط)

طيف spectrum : ترتيب الموجات الاشعاعية طبقا لترددداتها .

(ظ)

الظاهرة الكهروضوئية photoelectric effect : انبعـاث الالكترونات من بعض المواد عند سقوط الضوء عليها .

(ع)

عطارد mercury : أقرب كوكب فى المجموعة الشمسية للشمس .

علم التفاضل والتكامل calculus : فرع من الرياضيات وضعه نيوتن .

(غ)

فوتون photon : جسيم الضوء أو الاشعاع الكهرومغناطيسى .

(ق)

قانون بقاء الطاقة law of conservation of energy : القـانون الذى يقول بأن الطاقة لا تفنى ولا تخلق من عدم ، بمعنى أن كمية الطاقة فى الكون ثابتة .

قانون بقـاء المادة law of conservation of matter : القانون الذى كان يقول بأن المادة لا تفنى ولا تخلق من عدم ، وذلك قبل اكتشـاف أمكانية تحويل المادة الى طاقة .

القصور الذاتى intertia : خاصية احتفاظ الأجسام بحالتها من حيث السكون أو الحركة فى خط مستقيم وبسرعة ثابتة حتى تتأثر بقوة تغير من حالتها .

قوانين الحركة laws of motion : القوانين الثلاثة لنيوتن لدراسـة حركة الأجسام تحت تأثير القوى .

(ك)

كم quanta : أصغر وحدة من الطاقة .

الكون المتردد oscillating universe : تصور للكون على أنه يتأرجح بين التمدد والانكماش .

(م)

مبدأ عدم اليقين uncertainty principle : مبدأ وضعه هايزنبرج يقول باستحالة تحديد كافة الخواص الفيزيقية فى نفس الوقت تحديدا قاطعا لجسيم ما .

مطياف spectroscope : جهاز قياس الطيف .

موجات الجاذبية gravity waves : شكل من الطاقة تبثه النجوم الضخمة المتسارعة ، تنبأت به النظرية النسبية العامة .

موجات المادة matter waves : موجات تمثل سلوك الجسيمات تحت ظروف معينة ، ينظر اليها أحيانا على أنها موجات احتمالية تمثل احتمال وجود الجسيم فى موضع معين .

(ن)

النجوم النابضة pulsars : نجوم تعطى ومضات من الاشعاع ، يعتقد أنها نجوم نيوترونية تدور بسرعة فائقة حول نفسها .

نشاط اشعاعى radioactivity : (ظ : تحلل اشعاعى) .

نيوترون neutron : جسيم محايد الشحنة من مكونات نواة الذرة .

(هـ)

هندسة اقليدية Euclidean geometry : هندسة تتعامل مع الأسطح المستوية .

هندسة ريمانية : (غير اقليدية) Riemammean geometry : هندسة تتعامل مع الأسطح غير المستوية .

قاموس مصطلحات لاتيني - عربي

absolute temperature	درجة الحرارة المطلقة
absolute zero	الصفر المطلق
atom	ذرة
big bang	الانفجار العظيم
black body	جسم أسود
black hole	ثقب أسود
brownean motion	حركة براونية
calculus	علم التفاضل والتكامل
chain reaction	تفاعل متسلسل
complementarity	تكاملية
Copenhagen interpretation	تفسير كوبنهاجن
covariance	تماثل
Doppler effect	تأثير دوبلر
elementary particle	جسيم أولي
entropy	انتروبيا
equivalence	تعادلية
erg	ارج
ether	الايثير
field	مجال
gamma rays	اشعاع (اشعة) جاما

geodesics	الجيوديسيا
geometry	هندسة
geometry, Euclidean	هندسة اقليدية
geometry, Reamanean	هندسة ريمايينية
gravity	الجاذبية
gravity waves	موجات الجاذبية
Helium	الهليوم
Hubble constant	ثابت هابل
inertia	القصور الذاتي
kinetic theory of geses	النظرية الحركية للغازات
law of conservation of energy	قانون بقاء الطاقة
law of conservation of matter	قانون بقاء المادة
laws of motion	قوانين الحركة
light	ضوء
light year	سنة ضوئية
magnet	مغنطيس
mechanical equivalent of heat	المكافيء الميكانيكى للحرارة
mercury	عطارد
nebula	سديم
nutrone	نيوترون
oscilating universe	الكون المتردد
perihelion	الحضيض الشمسى
photon	فوتون
photoelectric effect	الظاهرة الكهروضوئية
probability waves	موجات الاحتمال
pulsares	النجوم النابضة
quanta	كم

radioactivity	نشـاط اشـعاعى
ray emission	اشـــعاع
red shift	انزياح أحـمر
spectroscope	مطياف
spectrum	طيف
tensor	تنســـور
thermodynamics	الديناميكا الحـرارية
uncertainty principle	مبـدأ عـدم اليقين
waves	الموجات
world line	خط كونى
x-rays	أشـــعة اكس (رونتجن)



اول صورة معروفة لألبرت اينشتين



اينشتين ايام الدراسة فى البوليتكنيك بزيورخ

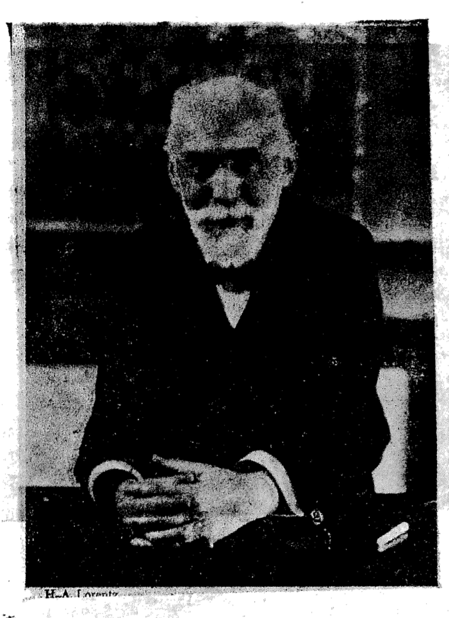
اينشتين فى مكتب براءات الاختراعات ، برن



الأكاديمية الأولمبية كونراد هابشيت ، موريس سولفين والبرت اينشتين



اينشتين وبيسو فى زيورخ



هـ. أ. لورنتز



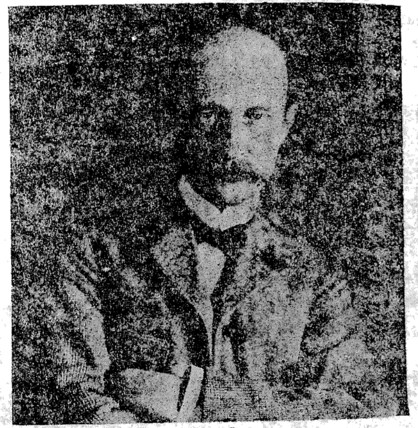
مؤتمر سولفاى عام ١٩١١ الجالسون ، من اليسار ، نرنست ، بريلوين ، سولفاى ، لورنتز ، فاربورج ، بيرين فين (للخلف) ، مدام كورى ، بوانكريه واقفون • جولد شميث ، بلانك ، روبنز ، سمرفيلد ، لنيدرنمان ، دى بروليى ، كندشن ، هاز ناؤرل ، هوشتلت ، هرزن ، جينز ، ذرفورد كمرلنخ ــ أونس ، آينشتين ، لانجنين •



ادنجتون وآينشتين عام ١٩٣٠ •



أينشتين في مكتبه عام ١٩٤٨ تقريبا



ماكس بلانك
١٩٠٠



آخر صورة لآينشتين اخذت له فى عيد ميلاده السادس والسبعين ١٤ مارس ١٩٥٥

اقرأ في هذه السلسلة

جابرييل باير
تاريخ ملكية الأراضي في مصر الحديثة

انطوني دي كرسبني وكينيث مينوج
أعلام الفلسفة السياسية المعاصرة

دوايت سوين
كتابة السيناريو للسينما

زافيلسكي ف. س
الزمن وقياسه (من جزء من البليون جزء من الثانية وحتى مليارات السنين)

مهندس ابراهيم القرضاوي
أجهزة تكييف الهواء

بيتر رداي
الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعي

جوزيف داهموس
سبعة مؤرخين في العصور الوسطى

س. م. بورا
التجربة اليونانية

د. عاصم محمد رزق
مراكز الصناعة في مصر الاسلامية

رونالد د. سمبسون ونورمان د. اندرسون
العلم والطلاب والمدارس

د. أنور عبد الملك
الشارع المصري والفكر

والت وتيمان روستو
حوار حول التنمية الاقتصادية

فرد . س. هيس
تبسيط الكيمياء

جون لويس بوركهارت
العادات والتقاليد المصرية من الأمثال الشعبية في عهد محمد علي

الان كاسبيار
التذوق السينمائي

سامي عبد المعطي
التخطيط السياحي في مصر بين النظرية والتطبيق

فريد هويل وشاندرا ويكراما سينج
البذور الكونية

حسين حلمي المهندس
دراما الشاشة (بين النظرية والتطبيق) للسينما والتليفزيون ٢ ج

روي روبرتسون
الهيروين والايدز وأثرهما في المجتمع

دور كاس ماكلينتوك
صور افريقية . نظرة على حيوانات افريقيا

هاشم النحاس
نجيب محفوظ على الشاشة

د. محمود سري طه
الكومبيوتر في مجالات الحياة

بيتر لوري
المخدرات حقائق نفسية

بوريس فيدوروفيتش سيرجيف
وظائف الأعضاء في الألف الياء

ويليام بينز
الهندسة الوراثية للجميع

ديفيد الدرتون
تربية أسماك الزينة

أحمد محمد الشنواني
كتب غيرت الفكر الانساني

جون . ر. بورر وميلتون جولدينجر
الفلسفة وقضايا العصر ٣ ج

ارنولد توينبي
الفكر التاريخي عند الاغريق

د. صالح رضا
ملامح وقضايا في الفن التشكيلي المعاصر

م. هـ كنج واخرون
التغذية في البلدان النامية

جورج جاموف
بداية بلا نهاية

د. السيد طه السيد أبو سديرة
الحرف والصناعات في مصر الاسلامية منذ الفتح العربي حتى نهاية العصر الفاطمي

جاليليو جاليليه
حوار حول النظامين الرئيسيين للكون ٣ ج

اريك موريس والان هو
الارهاب

سيرل الدريد
اخناتون

ارثر كيستلر
القبيلة الثالثة عشرة ويهود اليوم

ب. كوملان
الأساطير الاغريقية والرومانية

د. توماس ا. هاريس
التوافق النفسي - تحليل المعاملات الانسانية

لجنة الترجمة ،
المجلس الأعلى للثقافة
الدليل الببليوجرافي
روائع الآداب العالمية ج ١

روي آرمز
لغة الصورة في السينما المعاصرة

ناجاي متشيو
الثورة الاصلاحية في اليابان

بول هاريسون
العالم الثالث غدا

ميكائيل البي وجيمس لفلوك
الانقراض الكبير

آدامز فيليب
دليل تنظيم المتاحف

فيكتور مورجان
تاريخ النقود

محمد كمال اسماعيل
التحليل والتوزيع الأوركسترالي

أبو القاسم الفردوسي
الشاهنامة ٢ ج

بيرتون بورتر
الحياة الكريمة ٢ ج

جاك كرابس جونيور
كتابة التاريخ في مصر القرن التاسع عشر

محمد فؤاد كوبريلي
قيام الدولة العثمانية

توني بار
التمثيل للسينما والتليفزيون

تاجور ، شين بن بنج وآخرون
مختارات من الآداب الآسيوية

ناصر خسرو علوي
سفرنامة

نادين جورديمر وجريس اوجوت وآخرون
سقوط المطر وقصص أخرى

احمد محمد الشنواني
كتب غيرت الفكر الانساني ٧ ج

جان لويس بوري وآخرون
في النقد السينمائي الفرنسي

العلمانيون في أوربا
بول كولز

موريس بيير برايو
صناع الخلود

زيجمونت هبنز
جماليات فن الاخراج

جوناثان ريلى سميث
الحملة الصليبية الأولى وفكرة الحروب الصليبية

الفريد ج. بتلر
الكنائس القبطية القديمة فى مصر ٢ ج

ريتشارد شاخت
رواد الفلسفة الحديثة

ترانيم زرادشت
من كتاب الافستا المقدس

الحاج يونان المصرى
رحلات فارتيما

هربرت شيلر
الاتصال والهيمنة الثقافية

برتراند راسل
السلطة والفرد

بيتر نيكولز
السينما الخيالية

ادوارد ميرى
من النقد السينمائى الامريكى

نفتالى لويس
مصر الرومانية

ستيفن اوزمنت
التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج

مونى براح وآخرون
السينما العربية من الخليج الى المحيط

فانس بكارد
انهم يصنعون البشر ٢ ج

جابر محمد الجزار
ماستريخت

د. ابرار كريم الله
من هم التتار

ج. س. فريزر
الكاتب الحديث وعالمه ٢ ج

سوريال عبد الملك
حديث النهر
من روائع الآداب الهندية

لوريتو تود
مدخل الى علم اللغة

اسحق عظيموف
الشموس المتفجرة
اسرار السوبر نوفا

مارجريت روز
ما بعد الحداثة

د. بيارد دودج
الأزهر فى ألف عام

ستيفن رانسيمان
الحملات الصليبية

هـ. ج. ولز
معالم تاريخ الانسانية ٤ ج

جوستاف جرونيباوم
حضارة الاسلام

د. عبد الرحمن عبد الله الشيخ
رحلة بيرتون الى مصر والحجاز ٣ ج

جلال عبد الفتاح
الكون ذلك المجهول

ارنولد جزل وآخرون
الطفل من الخامسة الى العاشرة ٢ ج

بادى اونيمود
افريقيا - الطريق الآخر

د. محمد زينهم
فن الزجاج

برنسلاو مالينوفسكى
السحر والعلم والدين

آدم متز
الحضارة الاسلامية

فانس بكارد
انهم يصنعون البشر

عبد الرحمن عبد الله الشيخ
يوميات رحلة فاسكو داجاما

ايفرى شاتزمان
كوكبنا المتمدد

سوندارى
الفلسفة الجوهرية

مارتن فان كريفلد
حرب المستقبل

فرانسيس ج. برجين
الاعلام التطبيقى

عبده مباشر
البحرية المصرية من محمد على للسادات

ج. كارفيل
تبسيط المفاهيم الهندسية

توماس ليبهارت
فن المايم والبانتوميم

ادوارد دى بونو
التفكير المتجدد

ويليام هـ. ماثيوز
ما هى الجيولوجيا

كريستيان ساليه
السيناريو فى السينما الفرنسية

بول وارن
خفايا نظام النجم الأمريكى

جورج ستاينر
بين تولستوى ودوستويفسكى ٢ ج

يانكو لافرين
الرومانتيكية والواقعية

محمود سامى عطا الله
الفيلم التسجيلى

جوزيف بتس
رحلة جوزيف بتس

ستانلى جيه سولومون
انواع الفيلم الأمريكى

هارى ب. ناش
الحمر والبيض والسود

جوزيف م. بوجز
فن الفرجة على الأفلام

كريستيان ديروش نوبلكور
المرأة الفرعونية

جوزيف نيدهام
موجز تاريخ العلم والحضارة فى الصين

ليوناردو دافنشى
نظرية التصوير

ت. ج. هـ. جيمز
كنوز الفراعنة

رودولف فون هابسبورج
رحلة الأمير رودولف الى الشرق ٣ ج

مالكوم برادبرى
الرواية اليوم

وليم مارسدن
رحلة ماركو بولو ٣ ج

هنرى بيرين
تاريخ اوربا فى العصور الوسطى

ديفيد شنيدر
نظرية الأدب المعاصر وقراءة الشعر

اسحق عظيموف
العلم وآفاق المستقبل

رونالد دافيد لانج
الحكمة والجنون والحماقة

كارل بوبر
بحثا عن عالم افضل

نورمان كلارك
الاقتصاد السياسى للعلم والتكنولوجيا

السيد محمد بدر الدين السيد
انفلات على الزمن الآتي

ممدوح عطيه
البرنامج النووي الاسرائيلي
والأمن القومي العربي)

ليوبوسكاليا
الحب

ايفور ايفانس
مجمل تاريخ الأدب الانجليزي

هيربرت ريد
التربية عن طريق الفن

وليام بينر
معجم التكنولوجيا الحيوية

الفين توفلر
تحول السلطة ٢ ج

يوسف شرارة
مشكلات القرن الحادي والعشرين
والعلاقات الدولية

رولاند جاكسون
الكيمياء في خدمة الانسان

ت ج جيمز
الحياة أيام الفراعنة

جورج كاشمان
لماذا نشب الحروب ٢ ج

حسام الدين زكريا
انطون بروكنر

لارا ف فوجل
المعجزة اليابانية

ونفرد هولمز
كانت ملكة على مصر

جيمس هنري برستد
تاريخ مصر

بول دافيز
الدقائق الثلاث الأخيرة

جوزيف ومارى فيلدمان
ديناميكية الفيلم

ج. كونتنو
الحضارة الفينيقية

رنست كاسيرر
في المعرفة التاريخية

كنث أ. كتشن
رمسيس الثاني

جان بول سارتر وآخرون
مختارات من المسرح العالمي

روزاليند وجاك يانسن
الطفل المصري القديم

نيكولاس ماير
شرلوك هولمز

ميجيل دي ليبس
الفئران

جوسيبي دي لونا
موسوليني

الويز جرايتر
موتسارت

علي عبد الرءوف البمبي
مختارات من الشعر الاسباني

روبرت سكولز وآخرون
آفاق أدب الخيال العلمي

ب. س ديفيز
المفهوم الحديث للمكان والزمان

س هوارد
شهر الرحلات الى غرب افريقيا

و. بارتولد
تاريخ الترك في آسيا الوسطى

فلاديمير تيمانيانو
تاريخ أوروبا الشرقية

جابرييل جارسيا ماركيز
الجنرال في المتاهة

هنري برجسون
الضحك

مصطفى محمود سليمان
الزلازل

م. و. ثرنج
ضمير المهندس

ا. ر. جرني
الميلبون

سبتينو موسكاتي
الحضارات السامية

ا. ألبرت حوراني
تاريخ الشعوب العربية

محمود قاسم
الأدب العربي المكتوب بالفرنسية

سليمان مظهر
أساطير من الشرق

ونفرد هولمز
كانت ملكة على مصر

الن شوتر
الحياة اليومية في مصر القديمة

ا. ا. س. ادواردز
اهرام مصر

مانيس ريتوس
البعيد

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٧/١٣٨٢٤

ISBN — 977 — 01 — 5507 — 1

تهدف الهيئة المصرية العامة للكتاب من مشروع الألف كتاب الثاني إلى مواصلة مسيرة المشروع الأول بتكوين مكتبة متكاملة للقارئ العربي في شتى جوانب المعرفة عن طريق الترجمة والتأليف. وفي هذا الإطار يبدي المشروع اهتماماً كبيراً بالكتب العلمية والمستقبلية، وقد أصدر حتى الآن ٢٨ كتاباً في هذا المجال، من أهمها:

ب. ديفيز، المفهوم الحديث للزمان والمكان

ادوارد فايجينبام، الجيل الخامس للحاسوب

اسحق عظيموف، العلم وآفاق المستقبل

بول ديفيز، الدقائق الثلاث الأخيرة

(انظر القائمة المفصلة داخل الكتاب)

وفي هذا الكتاب نعرض لسيرة أعظم فيزيائي القرن العشرين قاطبة، ألا وهو ألبرت إينشتين، صاحب نظرية النسبية التي غيرت كلية من رؤيتنا للكون وكشفت لنا عن بعد رابع له، هو الزمان، كان مجهولا لنا حتى ذلك التاريخ رغم شدة ألفته لنا. وكذلك حياة اينشتين ببساطتها التي تعد أنموذجاً لحياة العالم الزاهد حافلة بالدروس والعبر، وجوهر عظمته يكمن في بساطته هذه التي لم تفسدها الشهرة التي حظي بها والتي جعلته أسطورة وظل رغم ما يحيطه به الجمهور من آيات الإجلال شديد التواضع، حتى أنه في إحدى المناسبات التي أقيمت لتكريمه قال للجمهور: "عندما كنت صغيراً كان كل ما تمنيته وتوقعته من الحياة أن أجلس في هدوء إلى ركن ما أؤدي عملي بلا ضجة، ولكن أنظروا ما آل إليه أمري الآن.."

٦٥٠ قرشاً

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب